

# Statlig program for forurensningsovervåking

## Overvåking av langtransporterte forurensninger 2003 Sammendragsrapport

Rapporten baserer seg på resultater fra de tre statlige overvåkingsprogrammene:

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)



# Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2003 fra tre overvåkingsprogrammer: “Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør”, “Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og “Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord, skog og annen vegetasjon og akvatisk og terrestrisk fauna. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre. Vi presenterer her en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne Sammendragsrapporten baserer seg på.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av årsrapporten har vært:

**“Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør”, OPS, TOV**

**Atmosfærisk tilførsel:** Wenche Aas, Stein Manø, Torunn Berg og Sverre Solberg (NILU)

**“Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør”**

**Vannkjemi:** Brit Lisa Skjelkvåle, Øyvind Kaste, Liv Bente Skancke og Tore Høgåsen (NIVA)

**Bunndyr:** Arne Fjellheim og Gunnar G. Raddum (LFI, UiB)

**Krepsdyr:** Ann Kristin L. Schartau, Gunnar Halvorsen og Bjørn Walseng (NINA)

**Fisk:** Randi Saksgård og Trygve Hesthagen (NINA)

**OPS Samlet redigering:** Dan Aamlid (Skogforsk)

**Landsrepresentative flater:** Gro Hylen og John Y. Larsson (NIJOS)

**Intensive og fylkesvise flater:** Kjell Andreassen, Nicholas Clarke (Skogforsk)

**TOV Samlet redigering:** Erik Framstad (NINA)

**Markvegetasjon:** Rune Halvorsen Økland (UiO/NIJOS) (vegetasjon i Solhomfjell), Vegar Bakkestuen (NINA) (vegetasjon i bjørkeskog)

**Epifyttisk vegetasjon:** Inga Elise Bruteig (NINA)

**Fauna:** John Atle Kålås (NINA)

Redaktør for rapporten har vært Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA.

Oslo, juni 2004



# **Innhold**

<b>Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2003</b>	<b>4</b>
<b>Acidification status in Norway 2003</b>	<b>8</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>11</b>
1.1 Presentasjon av programmene	11
1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv	12
<b>2. Luft og nedbør</b>	<b>14</b>
2.1 Utslipp	14
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger	14
2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger	19
2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør	20
2.5 Bakkenær ozon	21
2.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Lista (CAMP) og Ny-Ålesund (AMAP)	23
<b>3. Det akvatiske miljøet</b>	<b>25</b>
3.1 Effekter på vannkjemi	29
3.2 Effekter på akvatisk fauna	39
3.2.1 Effekter på bunndyr	40
3.2.2 Effekter på krepsdyr	46
3.2.3 Effekter på fisk	52
<b>4. Det terrestriske miljøet</b>	<b>62</b>
4.1 Effekter på skog	66
4.2 Effekter på markvegetasjon	69
4.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon	74
4.4 Effekter på fauna	76
<b>5. Referanser til rapporter</b>	<b>80</b>

## Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2003

*Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsureingssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringproblemet i Norge er løst. Problemet er avtagende, men fremdeles mottar store deler av Sør-Norge mer forsurende komponenter i nedbør enn naturen greier å ta hånd om. Resultatet av dette er fortsatt forsuring og dertil store skader på biologiske samfunn. Den forbedringen vi observerer kan også reverseres og forsinkes av flere typer prosesser, slik som klimatiske endringer og økt utlekking av nitrogen.*

*Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 62-76 % fra 1980 til 2003. Dette har resultert i nedgang av sulfat i vann og vassdrag med 40-70% i samme periode. Følgen av dette er bedret vannkvalitet med økning i pH og ANC og nedgang i uorganisk (giftig) aluminium.*

*Videre ser vi en bedring i det akvatiske miljøet med begynnende restituering av bunndyr- og krepsdyrsamfunn og bedret rekruttering hos fisk. Faunaen i rennende vann viser en klar positiv utvikling mens endringene i innsjøfaunaen er små.*

*Skogtilstanden har totalt sett bedret seg de siste fem årene. Den negative trenden for skog i perioden 1989-1997 ser dermed ut til å være snudd, men årsaken til endringen er usikker. Bedrede vekstbetingelser som følge av værforhold kan spille en rolle. Luftforurensninger antas å svekke trærne slik at de lettere kan bli påvirket av værforhold og andre skadegjørere.*

*I sør er det observert noen endringer i vegetasjonen og økt algevekst på trær som kan skyldes nitrogentilførsler. Andre vegetasjonsendringer siste 5 år synes ikke å være knyttet til tidligere hypotese om mulige effekter av forsuring; snarere ser vi tendenser til at tidligere vegetasjonsendringer har stoppet opp og en framvekst av forurensningsfølsom lav. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.*

### Utslipp, luft og nedbør

Utslippene av svoveldioksid i Europa er redusert med omlag 61% fra 1980 til 2001 (EMEP, 2003). Utslppsreduksjonen fra 1990 frem til 2001 har vært på 49%. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2001 har utslippet vært redusert med 25%. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 2001 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 22 %.

Endringene av svovel- og nitrogenkomponenter i luft og nedbør er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder i Norge. Fra 1980 til 2003 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjonen i nedbør mellom 62 og 76%. Reduksjonene for svoveldioksid i luft for tilsvarende periode var mellom 82% og 93%, og for sulfat i luft mellom 64% og 73%. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk og nitrat+salpetersyre i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986. For nitrogendioksid har det imidlertid vært en relativt tydelig nedgang etter 1990.

Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2003 var  $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$  målt på Osen og Kårvatn. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster (3000 ppb-timer, 3 måneders AOT40) ble overskredet på to stasjoner, mens grenseverdien på for skog (10.000 ppb, 6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium i nedbør ble målt på Svanvik i Sør-Varanger. Her observeres det også høyt konsentrasjonsnivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes.

### **Vannkjemi**

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 40-70% fra 1980-2003. Det er en tendens til en svakere nedgang i sulfat de tre siste årene enn tidligere år, men 2003 viser likevel de laveste sulfatnivåene i vann som er registrert så langt innen overvåkingen. Som en følge av dette, har forsuringssituasjonen i vann og vassdrag vist en klar forbedring gjennom hele 90-tallet. I 2003 finner vi de høyeste verdiene av ANC og de laveste verdiene av uorganisk aluminium ("giftig aluminium") som er registrert i overvåkingen. En medvirkende årsak til økningen i ANC er forårsaket av en gradvis nedgang i sjøsalter (klorid og natrium) siden begynnelsen av 90-tallet hvor nedgangen i klorid har vært større enn nedgang i natrium. Dette gir et positivt bidrag til ANC. Anslagsvis 60% av økningen i ANC siden 1990 er forårsaket av nedgang i sulfat, mens ca 30% er forårsaket av endringen i forholdet mellom klorid og natrium. Omtrent hele økningen i ANC fra 2002 til 2003 er forårsaket av endringen i forholdet mellom Na og Cl. Dette bidraget til forbedring i forsuringssituasjonen er mest sannsynlig en midlertidig situasjon.

Forbedringene i forsuringssituasjonen er mest markert i de sterkest forsurede områdene på Sørlandet og noe mindre markert på Vestlandet og Østlandet. Også Midt-Norge og Nord-Norge, som har svært lav forurensningsbelastning og Øst-Finnmark, som er påvirket av industri-utslipp på Kola, viser en positiv utvikling.

Nitrat varierer generelt en del fra år til år og det er ingen tydelige nedadgående trender. Likevel ser vi at for flere av regionene er det lavere konsentrasjoner av nitrat i perioden 1997 til 2003 enn i perioden forut. Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001 har flatet ut eller avtatt i 2002 og 2003.

### **Akvatisk fauna**

#### ***Invertebrater***

Overvåking av bunndyr i rennende vann viser at skadene på faunaen fortsetter å avta i vassdragene, en trend som startet omkring 1990. Den forbedrede situasjonen gjenspeiles ved økt biodiversitet og utbredelse av forsuringfølsomme invertebrater i områder som har vært betydelig skadet. De regionale forskjellene har avtatt det siste året. Dette indikerer at de mest påvirkede vassdragene, spesielt de på Sørlandet, har blitt forbedret. De ulike elvene viser imidlertid fortsatt store forskjeller med hensyn til skadeomfang.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forursingssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (markert - sterkt forursingsskadet). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitene ubetydelig til moderat skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også noen innsjøer som vurderes til moderat forursingsskadet. Totalt sett er endringene over de åtte årene overvåkingen har pågått små, men for enkeltlokaliteter er det observert en positiv utvikling. For 2003 ble det for bunndyr påvist flere positive endringer sammenlignet med 2002.

For ti innsjøer er krepsdyrfaunaen rekonstruert for perioden før forursingen startet og fram til i dag. Dette er gjort ved å studere skallrester og hvileegg av vannlopper funnet på ulike sjikt i sedimentet. Forekomsten av forursingsfølsomme vannlopper og vurdering av tidspunkt for når disse eventuelt forsvant fra innsjøen samvarierer med graden av forursingsskader på den eksisterende faunaen. Disse artene forsvant tidligere fra innsjøer som i dag vurderes som sterkt forursingsskadet sammenlignet med mindre forursingsskadete innsjøer. Resultatene viser også at enkelte forursingsfølsomme arter antagelig alltid har manglet, eller kun vært til stede med tynne bestander i de mest sure innsjøene, også i perioden før forursingen startet.

### **Fisk**

Forsuringen har forårsaket store skader på fiskebestander her i landet, med henholdsvis rundt 9600 tapte og 5400 skadede bestander. Beregningene er basert på innsjøer over 3,0 hektar. Aure er den fiskearten som har blitt påført de størst skadene, med henholdsvis rundt 8200 tapte og 3900 skadede bestander. Videre er nærmere 1000 abborbestander tapt pga forursing, mens antallet samlet for røye, mort, ørekyte og gjedde ligger på ca 500. Agderfylkene har de største forursingsskadene med rundt 62 % av alle tapte aurebestander. Rogaland har også betydelige skader med rundt 1300 tapte aurebestander. Undersøkelsene av fisk i innsjøer viser en positiv utvikling i flere regioner og spesielt i region VII (Vestlandet-Nord). Men enkelte fiskebestander har også hatt en negativ utvikling, spesielt i Sør-Norge og Vestlandet-Sør. I tillegg er det en del tapte fiskebestander i de utvalgte lokalitetene i de to siste landsdelene. Forursingssituasjonen er derfor fortsatt alvorlig i de mest belastede områdene av landet. I Midt-Norge og nordover er situasjonen stort sett uendret, eller det har vært en økning i fisketettheten i enkelte lokaliteter. Den positive utviklingen i tettheten av aureunger i tilløpsbekker til innsjøer i Vikedal (Rogaland) fortsetter. Derimot er situasjonen mer ustabil i Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane.

### **Terrestrisk miljø**

#### **Skog**

De siste fem årene har trærnes kronetilstand vært relativt stabil. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sykdommer (for eksempel ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. I fremtiden vil eventuelle utslag av et endret klima trolig spille en større rolle. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er



betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene er likevel trolig innenfor det som er normalt i boreal barskog.

### ***Terrestrisk flora og fauna***

Registrerte endringer i markvegetasjonen i granskog i Solhomfjell kan tyde på at tidligere mønstre i endringer i karplantenes sammensetning i flere områder i Sør-Norge gjennom 10 år (mengdereduksjon for moderat næringskrevende arter, knyttet til tidligere forsuring) i de siste 5 årene har stoppet opp og/eller i noen grad blitt reversert i forhold til foregående 10 år. Samtidig er det begynnende indikasjoner på at nitrogentilførsler påvirker vegetasjonen i sør. Endringer i mosefloraen, spesielt framvekst for store moser, synes relatert til klimaendringer. I andre overvåkingsområder nord for ca 60°N er det også dels påvist endringer i markvegetasjonen, noe som trolig skyldes naturlige forstyrrelser eller endringer i arealbruk.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Det er registrert noe forbedring i disse parameterne ved gjenkartlegging etter 5 og 10 år. Det er registrert en kraftig økning av algevekst på trestammer i Lund i Rogaland.

Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser til dels god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastede områder enn i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlig som i nordlige områder.

## Acidification status in Norway 2003

### About the monitoring programmes

This report covers the main results for 2003 from three national monitoring programmes “Monitoring of long-range transboundary air pollution”, “Monitoring programme for forest damage” (OPS) and “Programme for terrestrial ecosystem monitoring” (TOV). These three programmes organise extensive monitoring of air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

### Air

Emissions of SO<sub>2</sub> in Europe have decreased by about 61% since 1980, 49% since 1990. The emissions of nitrogen oxides and ammonia increased up to 1990 but have decreased since then by about 25 and 22% respectively (EMEP, 2003). The observed reductions in concentration of S and N-compounds are in agreement with the reported downwards trends in pollutant emissions in Europe. Since 1980 the concentration of sulphate in precipitation has decreased by 62-76%. Similar reductions in airborne concentrations were between 82- 93% and 64-73% for sulphur dioxide and sulphate, respectively. There are not any clear tendencies for the concentrations of the different nitrogen compounds, except for nitrogen dioxide that has significantly decreased in the last 10 years.

### Water

The decrease in sulphate in deposition has caused a decrease in sulphate in lakes and rivers of 40-70% from 1980-2003. 2003 in general showed the lowest sulphate concentrations in lakes and rivers measured during the monitoring programme (since 1980). As a consequence, the acidification situation in lakes and rivers has shown a clear improvement in the 1990s with increases in pH and ANC (acid neutralising capacity) and a decrease in inorganic (toxic) aluminium. There is no systematic long-term change in nitrate, although on many sites lower values have been observed during the last five to six years, 1997 to 2003, than previously. The slight increase in TOC during the 90s has now leveled off.

### Aquatic fauna

#### *Invertebrates*

The invertebrate monitoring in five rivers demonstrated that acidification damage continues to decrease. The improved conditions are reflected by increased biodiversity and distribution of acid-sensitive invertebrates in areas that earlier were heavily damaged. Regional differences have become smaller during the last years. This indicates that the most impacted watersheds, especially those in southernmost Norway, have improved.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2003) confirms the general trend that watersheds in southernmost Norway are more damaged than those situated further north and in the central mountain areas of southern Norway. The species richness and composition does indicate minor improvements with regard to acidification during the eight years of study for several of the lakes. However, a negative trend is also observed for some localities.

Studies of cladocerans from lake sediments have been carried out for ten lakes. The occurrence and, if relevant, time of disappearance of sensitive taxa based on paleolimnological studies show high correlation with the degree of acidification damage based on the present fauna. Some of the acid sensitive species may never have occurred in the most acidic lakes, not even prior to acidification.

### ***Fish***

Knowledge of the status of fish populations in Norwegian lakes was based on questionnaires, mainly in the early 1990s. The numbers of lost and damaged populations of the six most common species of fish in Norwegian lakes greater than 3,0 ha were estimated to be about 9600 and 5400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total of about 8200 lost stocks. Lakes in southernmost Norway, i.e. the counties Aust-Agder and Vest-Agder have suffered the highest damage with nearly 6000 lost stocks (62 %). Test fishing with gill nets in lakes in southern and south-western Norway indicates an increase in abundance in fish populations. However, some fish populations have also decreased in density. The density of young brown trout in tributary streams to lakes was assessed by means of electrofishing in three watersheds. The densities of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway has increased significantly in recent years. Several brown trout populations in these two areas have to some extent recovered. However, for streams in Gaular watershed in western Norway, no corresponding positive response for young brown trout has so far been registered.

### **Terrestrial ecosystems**

#### ***Forest***

Crown condition has been stable for the last five years. Crown condition is determined by a number of factors and stresses, such as age, diseases (e.g. various fungi), growth conditions and climatic stress (drought and frost). When trees show signs of poor health, this is often due to an interaction of some of these natural causes. The variation we have seen the last years are mainly caused by fungi and insect attacks that were largely due to a combination of climatic stress to trees and a favourable climatic environment for the fungi and insects. Effects of air pollutants may come in addition to or interaction with these factors. The effect of pollutants on forest condition is hard to estimate, because their effect has been small compared with those of other factors. In the future, effects of climate change may play a larger role. Results from ecological investigations on the intensive monitoring plots suggest that the forest environment is stable, and that there are, as usual, large fluctuations from year to year in some measurements, probably within the normal variation for boreal coniferous forests.

#### ***Terrestrial flora and fauna***

Recorded changes in the ground vegetation in spruce forest at the Solhomfjell monitoring site indicate that patterns of change in vascular plant abundance at several sites in south Norway over a 10-year period (decline of species with moderate nutrient requirements, related to acidification) have been halted or to some extent reversed during the last 5 years. There are also some indications that nitrogen deposition may influence the vegetation in southern areas. Changes in the bryophyte flora, especially the increasing dominance of larger species, appear to be related to inter-annual climate variation. In other monitoring areas north of about 60°N, changes in ground vegetation were also sometimes recorded. These changes are unlikely to

reflect effects of long-range pollution but may rather be caused by natural disturbances or changes in land use.

Inventories of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show a clear relationship between lichen coverage and damage status and deposition patterns of pollutants, with the lowest coverage and highest damage frequency in the southernmost sites. Repeated inventories after 5 and 10 years indicate generally improved coverage and damage status in the southern areas. There is a marked increase in the growth of algae on tree trunks in the southernmost area Lund.

Monitoring of golden eagles and gyrfalcons at the monitoring sites indicates mainly satisfactory production also in the most polluted areas of south Norway. There is no indication that population variations in passerine birds are significantly different in southern compared to northern areas. Hatching success of pied flycatchers in the southernmost areas was somewhat lower for some of the early years of monitoring, but has for several years been at comparable levels in southern and northern sites.

# 1. Innledning

I Norge er det i dag tre statlige overvåkingsprogrammer som overvåker effekter av langtransporterte forurensninger på økosystemer. Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord og skog samt akvatisk og terrestrisk fauna. Dette er store og arbeidskrevende programmer hvor mange norske forskningsmiljøer er involvert. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre.

Vi ønsker her å gi en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne sammendragsrapporten baserer seg på (se kap. 5)

Felles for alle overvåkingsprogrammene er en målsetning om at resultatene skal brukes for å vurdere behovet for tiltak og virkninger av tiltak. Overvåkingen skal dessuten gi en oversikt over forurensningssituasjonen og nødvendig kunnskap om generelle forurensningsproblemer, og er i mange tilfeller et ledd i internasjonale avtaler som Norge har underskrevet. Overvåkingen gjennomføres for å kunne:

- treffe beslutninger om tiltak mhp. utslippsberegninger nasjonalt
- dokumentere effekter av internasjonale avtaler
- dokumentere behov for ytterligere tiltak internasjonalt og styrking av avtalene
- vurdere behov for og eventuelt omfang av reparerende tiltak
- gi grunnlag for informasjon generelt til politikere, myndigheter og publikum

For arbeidsområdet langtransporterte luftforurensninger, som de tre programmene i denne rapporten omhandler, er hovedmålet:

*“Arbeide for at naturens tålegrense for forsurening og bakkenært ozon ikke overskrides”.*

## 1.1 Presentasjon av programmene

### **Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør**

Programmet for ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” startet i 1980 i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) etter avslutningen av forskningsprosjektet ”Sur nedbørs virkning på skog og fisk” (SNSF-prosjektet). Formålet til ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” er blant annet å klarlegge endringer i luft, vannkjemi og jord relatert til langtransporterte luftforurensninger over tid og hvilken virkning dette har på akvatisk fauna (bunndyr, krepsdyr og fisk). SFT har hovedansvaret for koordineringen av overvåkingsprogrammet og administrerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og den vannkemiske overvåkingen. Direktoratet for naturforvaltning (DN) administrerer den biologiske delen. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkjemi), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser) og Zoologisk institutt, Universitetet i

Bergen (UiB) (bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet.

### **Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)**

Landbruksdepartementet og SFT er oppdragsgivere og finansierer "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) som ble opprettet i 1985. Formålet til OPS er blant annet å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Programmet blir utført av NILU (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) (representative undersøkelser av skogtilstand), skogoppsynet (skogtilstand i produksjonsskog) og Skogforsk (skogøkologiske undersøkelser på "intensivflater") som også koordinerer programmet. OPS har en egen styringsgruppe.

### **Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)**

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) ble startet av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i 1990 for å belyse effektene av langtransporterte forurensninger på representative terrestriske økosystemer i norsk natur. Programmet omfatter studier av effekter av forsuring, nitrogengjødsling, metaller og organiske miljøgifter. Det foregår dels som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder og dels i form av landsomfattende og regionale kartlegginger av status for noen biologiske forurensningsindikatorer. DN står for finansiering og styring av TOV, og har støttet seg til et fagråd i utviklingen og gjennomføringen av programmet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er lagt til NINA (markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon, fauna, miljøgifter i næringskjeder, radioøkologiske undersøkelser) og Universitet i Oslo/NIJOS (vegetasjon i barskog). Fra og med 2001 er TOV under omlegging med en sterkere konsentrasjon om effekter på biologisk mangfold, snarere enn tilførsler og nivå av forurensningsstoffer.

## **1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv**

Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene er et viktig redskap for norske forvaltningsmyndigheter til å holde en oversikt over naturtilstanden i Norge og hvordan den påvirkes/endres av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes imidlertid også til å oppfylle Norges forpliktelser i de internasjonale avtalene under "Konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger" (CLRTAP) som ble etablert i 1979. CLRTAP er en rammeavtale som har til formål å verne mennesker og miljø mot luftforurensning. Konkrete forpliktelser om utslippsreduksjoner er nedfelt i protokoller. I dag finnes det syv protokoller under konvensjonen som regulerer utslipp. Årstallene i parentes viser når protokollen ble undertegnet;

1. **Nitrogenprotokollen (1988)** forplikter landene til å redusere sine NO<sub>x</sub>-utslipp til 1987-nivå.
2. **VOC-protokollen (1991)** forplikter landene til å redusere utslippene av flyktige organiske komponenter (VOC) med 30% relatert til 1988 (eller et valgfritt år mellom 1984 og 1990).
3. **Svovelprotokollen (1985)** forplikter landene til å redusere utslippene av svovel med 30%

4. **Den 2. Svovelprotokollen (1994)** forplikter landene til å redusere sine utslipp av svovel slik at overskridelsen av tålegrensen for tilførsler av svovel reduseres med minst 60% relativt til 1980-nivå. Denne protokollen erstatter den 1. Svovelprotokollen.
5. **Tungmetallprotokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av tungmetaller (Pb, Hg, Cd) til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
6. **POP-protokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av et utvalg (ca. 20) persistente organiske forbindelser (POP) i forhold til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
7. **Multi-effekt/multi-forurensningprotokollen (Multi-protokollen) (1999)** tar for seg forsuring, eutrofiering og bakkenær ozon som forårsakes av utslipp av svovel, nitrogenoksider, ammonium og flyktige organiske komponenter (VOC).

Gjennom protokollene forplikter landene seg til å overvåke utslipp, tilførsler og effekter av langtransporterte forurensninger. Alle aktivitetene er organisert i samarbeidsprogrammer hvor programsentre er ansvarlig for samordning og rapportering av data fra alle deltagende land. Et program omhandler registrering av utslipp, overvåking av luft- og nedbørkjemi samt modellering av hvordan luftforurensninger beveger seg (Det europeiske måle- og evalueringsprogrammet for langtransporterte forurensninger - EMEP). I tillegg finnes syv forskjellige programmer (International cooperative programmes - ICPs) som omhandler effekter; vann (ICP Waters), skog (ICP Forests), økosystem struktur (ICP Integrated Monitoring), vegetasjon (ICP Vegetation), materialer (ICP Materials), tålegrenser (ICP Modelling and Mapping) og menneskelig helse (Joint TF on Human health (sammen med WHO)).

Norge bidrar aktivt innen de fleste av disse programmene, både med data og med faglig ekspertise. Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene "Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør", OPS og TOV bidrar til å oppfylle de norske forpliktelsene om å overvåke effektene av de forskjellige protokollene. Data fra programmene blir rapportert direkte til ICP-ene hvor de blir bearbeidet og rapportert sammen med data fra andre europeiske og nord-amerikanske land.

## 2. Luft og nedbør

Den atmosfæriske tilførselen av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske forbindelser i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbør, og ved tørravsetning av gasser og partikler. Målet for overvåking av luftens og nedbørens kjemiske sammensetning på norske bakgrunnsstasjoner er å registrere nivåer og eventuelle endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger. Bakgrunnsstasjonene er derfor plassert slik at de er minst mulig påvirket av nærliggende utslippskilder. NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlig nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnett og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2003 utført døgnlig ved 8 stasjoner og på ukebasis ved 12 stasjoner (**Figur 1**). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 7 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 9 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 12 stasjoner inklusive tre stasjoner drevet av SFTs kontrollseksjon i Nedre Telemark. Tungmetaller i luft måles på to stasjoner, det samme gjelder for organiske komponenter i luft.

### 2.1 Utslipp

Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider. I følge data som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet er utslippene av svoveldioksid redusert med omlag 61% fra 1980 til 2001 (EMEP, 2003). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 2001 har vært på 49%. Reduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30% fra 1980. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2001 har utslippet vært redusert med 25%. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 2001 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 22 % (EMEP, 2003).

Høsten 1999 ble den foreløpig siste internasjonale avtalen for reduksjon av utslipp av luftforurensninger undertegnet. Dette er en multikomponent protokoll og målsetningen er å redusere svovelutslippene med 63% innen år 2010 sammenlignet med 1990. Utslippene av nitrogenoksider og ammoniakk skal reduseres med henholdsvis 41% og 17% .

### 2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Ioneinnholdet utenom sjøsalter i nedbør avtar nordover fra Sør-Norge og er minst i fylkene fra Møre og Romsdal til Troms. De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner for de fleste hovedkomponentene ble i 2003 målt på Søgne. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre var størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland. Månedsmiddelkonsentrasjonene av sulfat



i nedbør var høyest i februar-mars i Sør- og Midt-Norge, mens det i Finnmark også observeres høye konsentrasjoner i mai-juni. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i **Figur 2**.

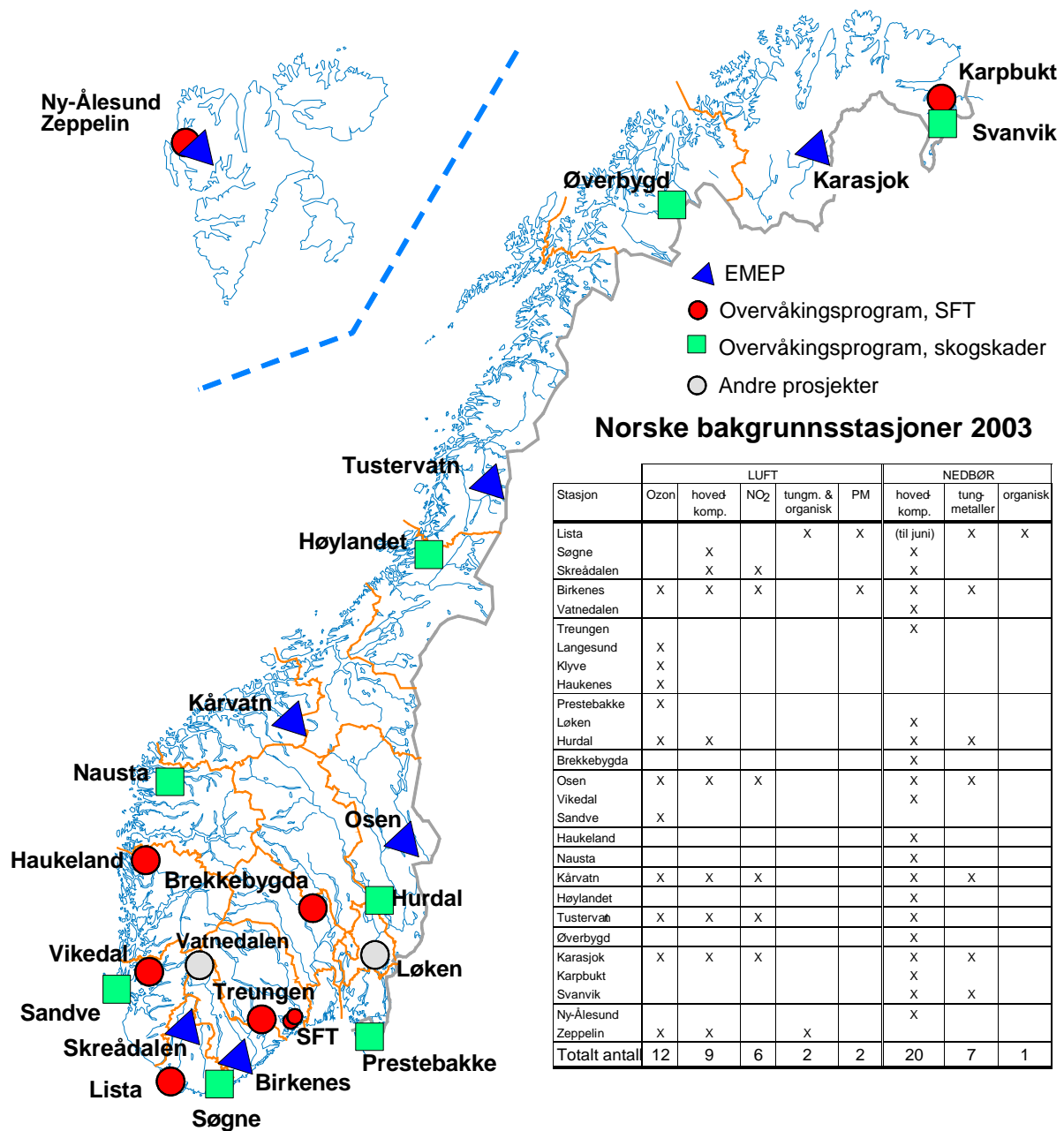
Ved de fleste målesteder var konsentrasjonene av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2003 ganske likt sammenlignet med 2002. Men det er regionale forskjeller, noen stasjoner viser svak nedgang, mens på enkelte stasjoner øker konsentrasjonene noe. I et lengre tidsperspektive har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre imidlertid avtatt betraktelig de siste 20 årene. Konsentrasjonene har avtatt mest i Sør-Norge, men de relative reduksjonene øker noe mot nord.

**Figur 3** viser veide gjennomsnittsverdier for 6 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold, mens innholdet av nitrat og ammonium har gjennomgående vært på samme nivå.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder innenfor 95% konfidensnivået. I perioden 1980–2003 var reduksjonen i sulfat-konsentrasjoner mellom 62 og 76%.

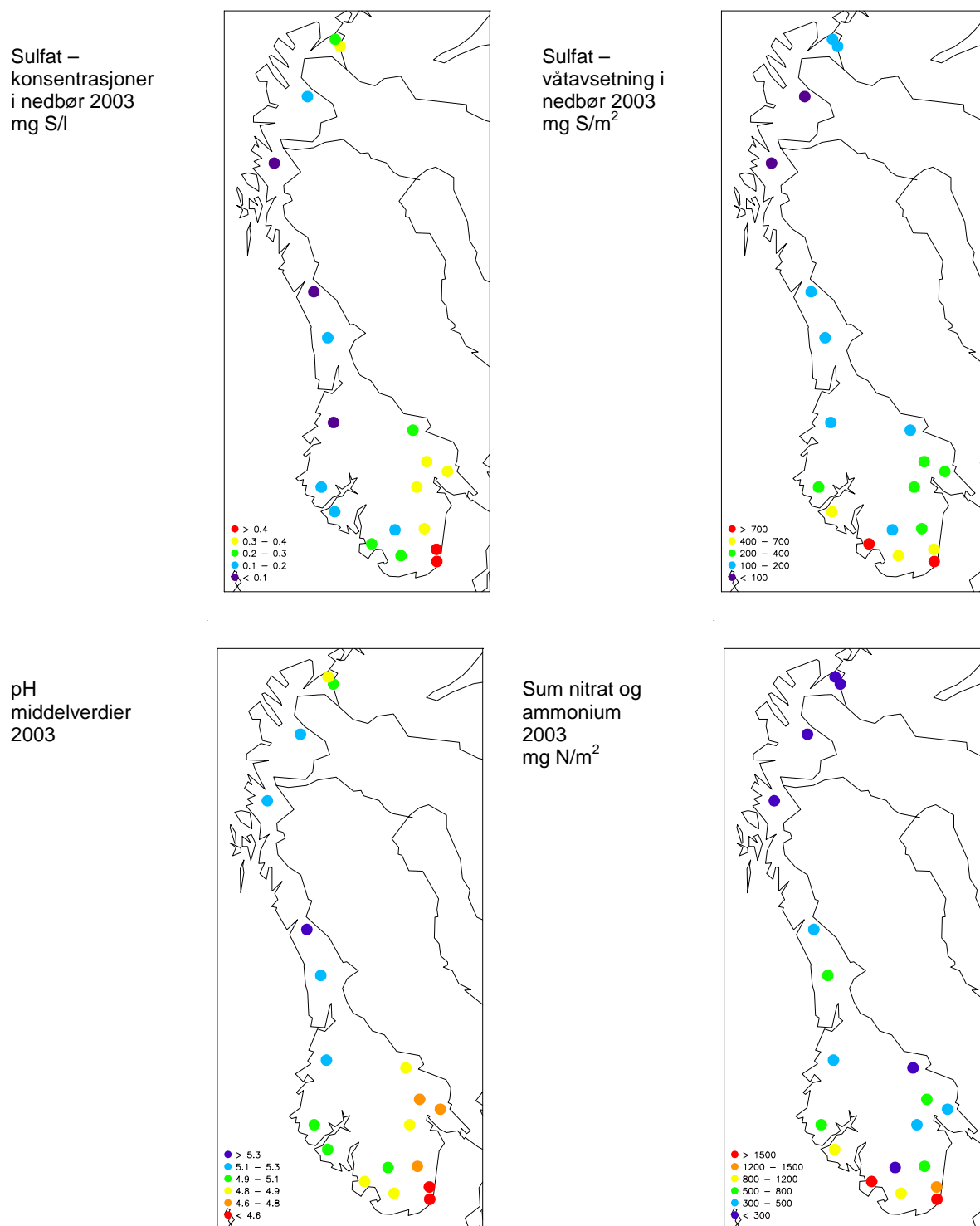
Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 ved fire målestasjoner. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved de samme fire målestasjonene mens det har vært en økning ved en stasjon. Endringer i konsentrasjonene av ammonium antas å være påvirket av endring i bidraget fra lokale kilder. Innholdet av basekationet kalsium er redusert ved flere stasjoner.

Disse observasjonene samsvarer godt med de rapporterte endringer i utslipp, se kapittel 2.1.



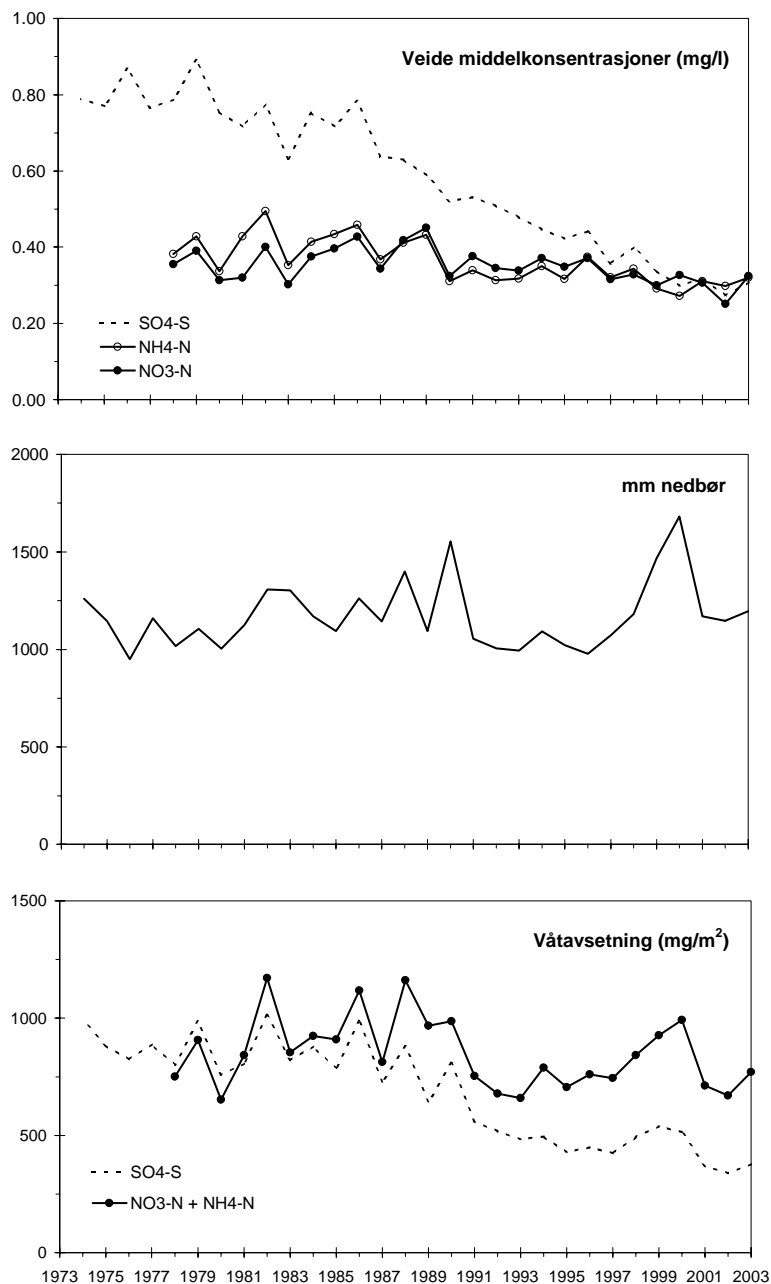
**Figur 1.** Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2003.

**Figure 1.** Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2003.



**Figur 2.** Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2003.

**Figure 2.** Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2003.

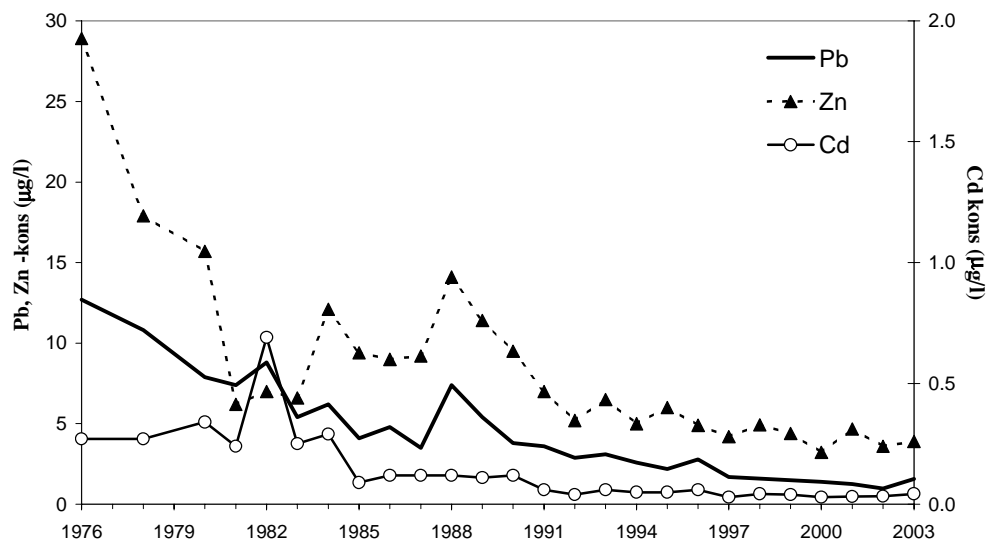


**Figur 3.** Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2003 for 6 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.

**Figure 3.** Annual mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen from 1973 to 2003 based on 6 representative sites in southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly i nedbør ble målt på Svanvik med 2,32 µg/l. Her observeres det også høyt konsentrasjonsnivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly, kadmium, sink, arsen og krom var

størst på Lista, mens våtavsetningene av nikkel, kobber og kobolt var størst i Øst-Finnmark. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant, utenom på Svanvik der det derimot har vært en viss økning i blykonsentrasjonen de siste årene, men den tendensen ser ut til å være snudd. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes, **Figur 4**.



**Figur 4.** Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2003.

**Figure 4.** Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the Birkenes site, 1976-2003.

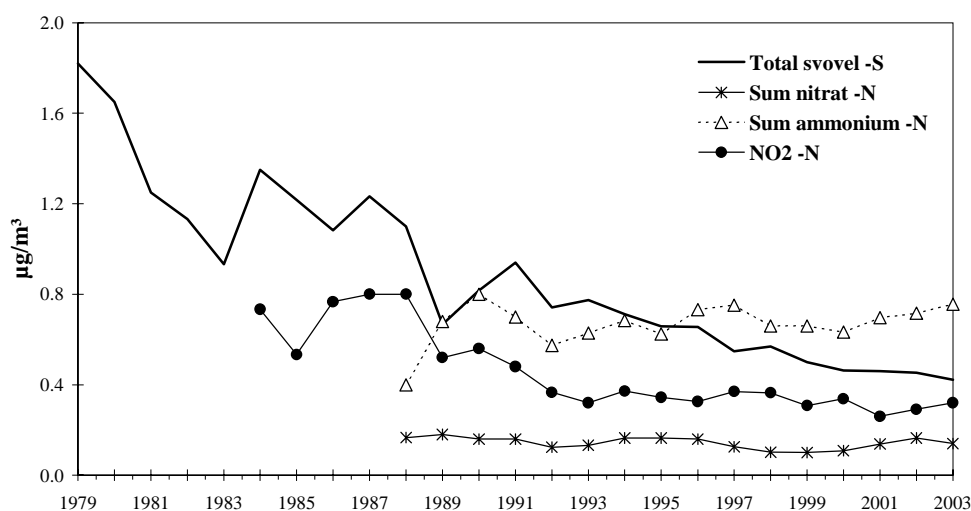
## 2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på  $0,31 \mu\text{g S m}^{-3}$  og Karasjok med  $0,20 \mu\text{g S m}^{-3}$ . Det er også relativt høyt årsmiddel på Zeppelinfjellet med  $0,23 \mu\text{g S m}^{-3}$ . Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med  $3,12 \mu\text{g S m}^{-3}$  den 20. november 2003. Den høyeste maksimumsverdien av partikulært sulfat ( $4,13 \mu\text{g S m}^{-3}$ ) ble målt på Birkenes 4. mars, mens det høyeste årsmiddelet ( $0,64 \mu\text{g S m}^{-3}$ ) var i 2003 i Søgne (på Søgne var høyeste ukesmiddel på  $3,0 \mu\text{g S m}^{-3}$  3.-10. mars). Fra 3.-6. mars viser trajektorieplott at vindmassene kommer fra sørøst. Disse stasjonene har tydeligvis fanget opp samme episode.

Den desidert høyeste døgnmiddelverdien av  $\text{NO}_2$  ble målt på Osen ( $7,49 \mu\text{g N m}^{-3}$ ) 8. februar. Samme episode er fanget opp på Birkenes. Trajektorieplott for denne dagen bekrefter også at vindmassene kommer fra Storbritannia og beveger seg nordøst. Årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene viser at stasjonene i Sør- og Øst-Norge har de høyeste nitrogen-dioksidnivåene. Månedsverdiene for  $\text{NO}_2$  var høyest i vintermånedene.

Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne med  $0,41 \mu\text{g N m}^{-3}$ , mens høyeste årsmiddelverdier for "sum ammonium" hadde Tustervatn med  $1,15 \mu\text{g N m}^{-3}$ . Dette skyldes bl.a. påvirkning fra lokal landbruksaktivitet. Det ble målt enkelte høye døgnmiddel-konsentrasjoner ved de fleste andre stasjoner også.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 82% og 93%, og for sulfat mellom 64% og 73%. Endringen i svoveldioksid- og sulfatkonsentrasjonene ved Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet har vært på hhv. 71% og 62% midlere reduksjon siden 1980. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986; det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for  $\text{NO}_2$  på de fleste stasjonene, **Figur 5**.

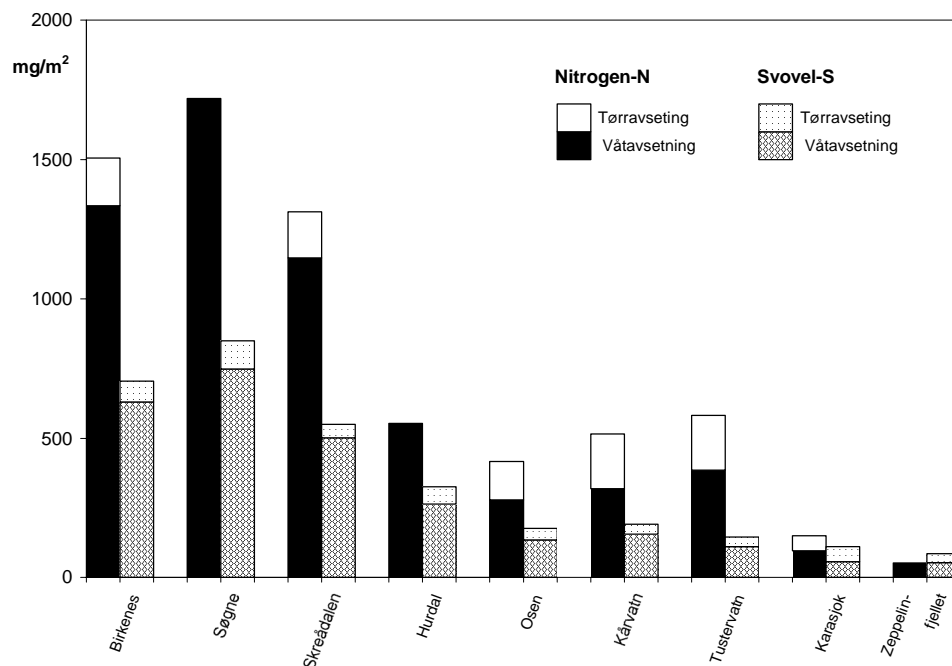


**Figur 5.** Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^-$ ), oksidert nitrogen ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$ ), redusert nitrogen ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) og  $\text{NO}_2$  på fem norske bakgrunnstasjoner.

**Figure 5.** Annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at five Norwegian background sites, 2003.

## 2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

**Figur 6** viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark. Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn, Skreådalen og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetning var 15–30% om sommeren og 6–20% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark og på Svalbard. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På Karasjok er det hhv. 49% tørravsetning om sommeren og 51% om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.



**Figur 6.** Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 2003.

**Figure 6.** Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2003.

## 2.5 Bakkenær ozon

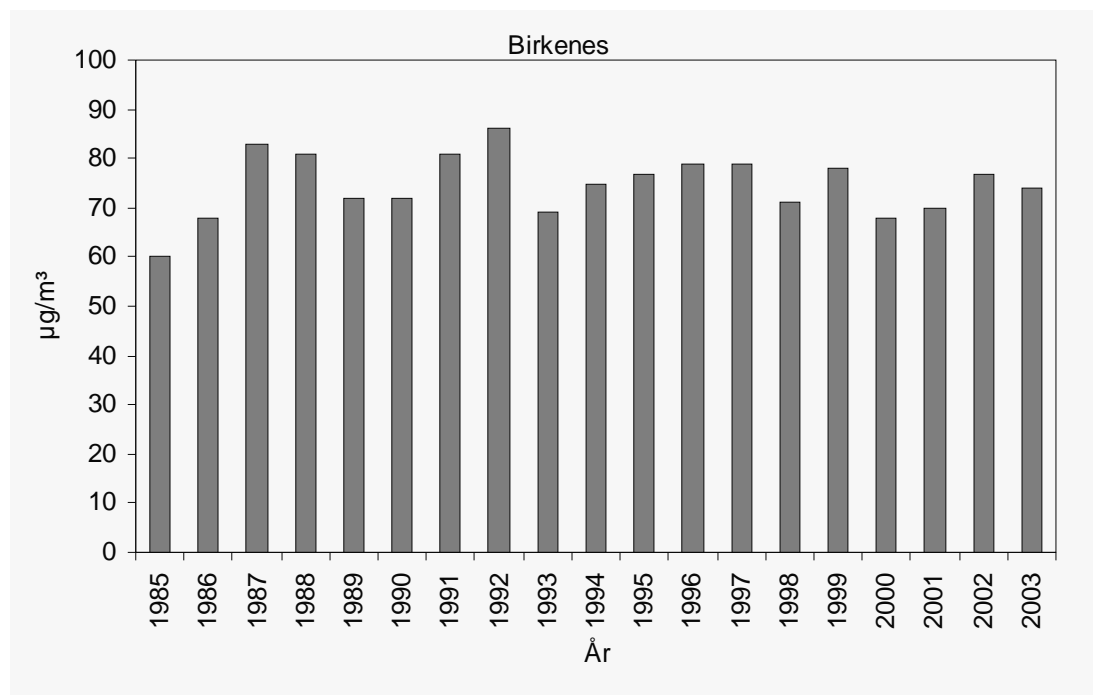
Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2003 var  $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$  målt på Osen og Kårvatn (**Tabell 1**). Grenseverdiene for helse med 8-timers middel på  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene, mens det var få overskridelser av grenseverdiene på  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO's grenseverdi). Antall dager med overskridelser av grenseverdien på  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (EUs grenseverdi) var omtrent på gjennomsnittet for den tidligere tiårsperioden.

Grenseverdien for vegetasjon på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2003. **Figur 7** viser 7-timers middelverdien for Birkenes i perioden 1981-2003. Figuren viser en del variasjon fra år til år og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Middelverdien var størst på Sandve med  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . SFTs tålegrense på  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8-timers middel) og EUs grenseverdi på  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24-timers middel) ble også overskredet på samtlige stasjoner. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster (3 måneders AOT40) på 3000 ppb-timer ble overskredet på Prestebakke og Sandve. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog (6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

**Tabell 1.** Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100 og 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2003.

**Table 1.** Exceedance of guidelines for protection of human health. Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100 and 160  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 2003.

Målested	Antall måleverdier		100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Høyeste timemiddelverdi	
	Timer	Døgn	h	d	h	D	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dato
Prestebakke	8669	364	367	50			139	2003-09-18
Jeløya	2880	120	92	17			130	2003-04-21
Hurdal	8702	365	319	49			143	2003-04-17
Osen	8530	359	323	45	2	1	162	2003-04-18
Langesund	6679	279	129	30			146	2003-04-17
Klyve	7556	316	173	42			132	2003-04-17, 21
Haukenes	4621	194	201	45			137	2003-08-21
Birkenes	8667	365	170	30			127	2003-04-21
Sandve	8742	365	403	53			143	2003-04-15
Voss	2878	120	341	31			141	2003-04-19
Kårvatn	8453	353	403	57	2	1	162	2003-04-17
Tustervatn	8369	351	459	41			145	2003-04-18
Karasjok	8743	365	5	2			156	2003-04-18
Zeppelinfjellet	8586	362	110	14			109	2003-04-17
Sum datoer		365		144		1		



**Figur 7.** Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1985-2003.

**Figure 7.** Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1985-2003.



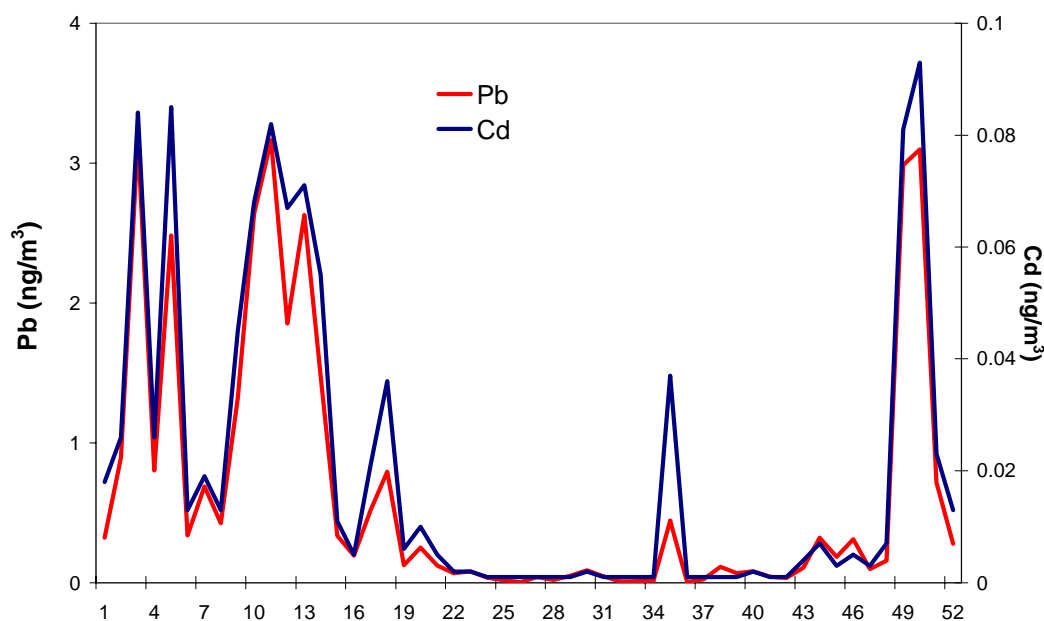
## 2.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Lista (CAMP) og Ny-Ålesund (AMAP)

AMAP, Arctic Monitoring and Assessment Programme, startet i 1994. I AMAP deltar: Norge, Sverige, Danmark, Island, Finland, Canada, USA og Russland. Programmet omfatter både kartlegging, overvåking og utredning av miljøgiftbelastningen i nordområdet.

CAMP, Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme er en av aktivitetene innen Oslo og Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurensning til havområdene i tilknytning til OSPAR-landene. Det er 17 forurensningskomponenter i måleprogrammet under CAMP og målingene utføres ved 28 stasjoner i 10 OSPAR-land.

Konsentrasjoner av tungmetaller i luft er målt på Lista siden 1992. Foruten Ni viser konsentrasjonene ingen spesiell trend i løpet av denne perioden i motsetning til hva som er observert i nedbør (**Figur 4**). Dette har bl.a. sammenheng med at nedbørmålingen har vært utført mye lenger og de har fanget opp reduksjonene på 1970-80 tallet.

Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner av Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, V, As og Hg i luft på Zeppelinfjellet er ca 5-50% av det som måles ved Lista, med unntak for Hg som viser omtrent samme konsentrasjoner på de to stasjonene. Forskjellen mellom Hg og de andre tungmetallene skyldes at Hg eksisterer i atmosfæren hovedsakelig i elementær form, mens andre tungmetaller er knyttet til partikler. Kvikksølv får dermed en bedre spredning i atmosfæren enn andre tungmetaller. De fleste elementene har høyest konsentrasjon om vinteren og lavest konsentrasjon om sommeren (**Figur 8**). Dette skyldes trolig at betingelsene for langtransport med luft fra kontinentet er gunstigst om vinteren. Konsentrasjonene av tungmetaller på Zeppelinfjellet viser ikke noen trend i luftkonsentrasjonen for den perioden det er utført målinger.

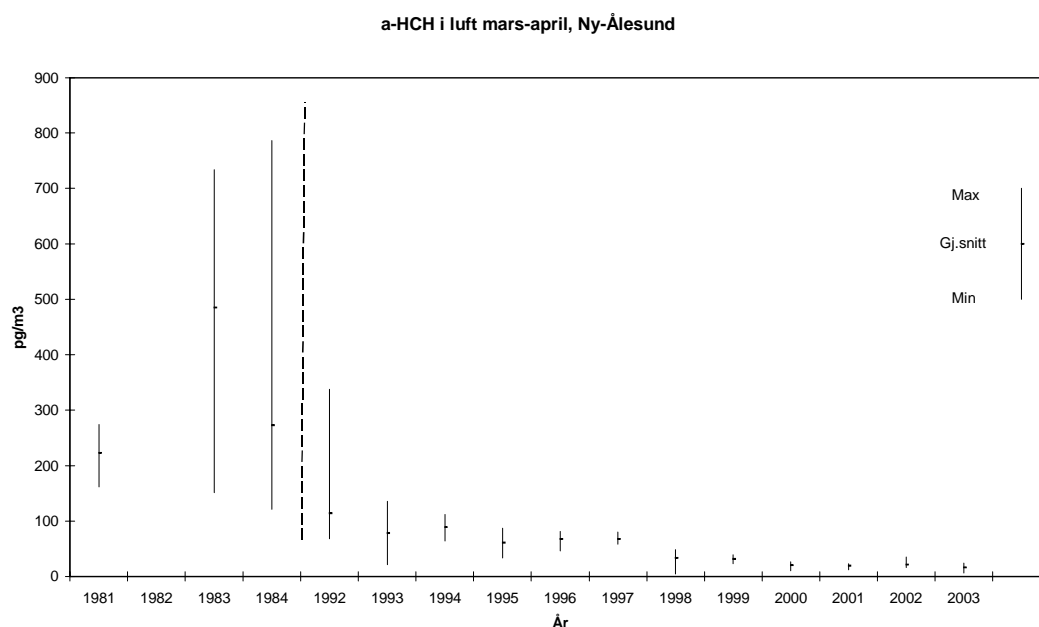


**Figur 8.** Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2003.  
**Figure 8.** Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2003.

NILU utfører målinger  $\alpha$ - og  $\gamma$ -heksaklorsykloheksan (HCH) og heksaklorbenzen (HCB) i prøver fra luft og nedbør, innsamlet ukentlig ved Lista. I perioden april-juni observeres hvert år en økning av nivået til  $\gamma$ -HCH. Dette skyldes bruk av pesticidet Lindan som består av minst 99 %  $\gamma$ -HCH. Konsentrasjonen av  $\alpha$ -HCH og HCB viser ingen sesongvariasjon. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for summen av  $\alpha$ - og  $\gamma$ -HCH i år 2003 var 20,7 pg/m<sup>3</sup>. Dette er den laveste verdi observert siden målingene ble startet i 1992.

På Zeppelinfjellet ved Ny-Ålesund utføres målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft, innsamlet ukentlig i den nye målestasjonen.

Som på Lista, observeres en nedgang i konsentrasjonen av  $\alpha$ -HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund siden begynnelsen av 80-årene (**Figur 9**), noe som gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av sprøytemiddelet HCH.



**Figur 9.**  $\alpha$ -HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.

**Figure 9.**  $\alpha$ -HCH in air in the period March-April at Zeppelin, Ny-Ålesund, Spitsbergen.

### 3. Det akvatiske miljøet

Overvåking av det akvatiske miljøet dekkes i sin helhet gjennom programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør".

I overvåkingsprogrammet for effekter i vann er Norge delt inn i 10 regioner. Inndelingen er basert på en relativt lik forsuringsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forsureningssituasjonen i ulike deler av Norge. De 10 regionene er vist i **Figur 10**, og er som følger:

- I. Østlandet - Nord
- II. Østlandet - Sør
- III. Fjellregion - Sør-Norge
- IV. Sørlandet - Øst
- V. Sørlandet - Vest
- VI. Vestlandet - Sør
- VII. Vestlandet - Nord
- VIII. Midt-Norge
- IX. Nord-Norge
- X. Øst-Finnmark



**Figur 10.** Oppdeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2003.

**Figure 10.** Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2003.

### **Vannkjemisk overvåking**

De kjemiske forholdene i vann og vassdrag overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i vann. Programmet omfatter undersøkelser i innsjøer og feltforskningsområder, samt i elver som er kalket (**Figur 11**). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger.

De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. Ca. 100 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986. I 1995 ble antallet økt til ca. 200 for å styrke innsjøovervåkingen.

Elveundersøkelsene er i hovedsak konsentrert om lakseførende elver. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. Alle de åtte elvene som fremdeles overvåkes, er kalket. Disse elvene blir overvåket på samme måte som tidligere, for å se på endringene i sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking) og virkningene av kalkingen.

Hensikten med overvåkingen i feltforskningsområdene er å registrere endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet i små nedbørfelt med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon samt beregne materialbalanse for de enkelte kjemiske komponenter. I syv små nedbørfelt blir det tatt ukentlige vannprøver og nedbørprøver (NILU) samt daglig målt vannføring.

### **Biologisk overvåking**

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:

- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og litorale krepsdyr i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver

Den biologiske overvåkingen gir informasjon om korttidseffekter og akkumulerte effekter av forurensning på vannlevende organismer, og er dessuten nødvendig for å kunne evaluere effekten av forurensningsreducerende tiltak over tid. Utvalget av overvåkingslokaliteter for biologiske undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forurensningsskader og -utvikling.

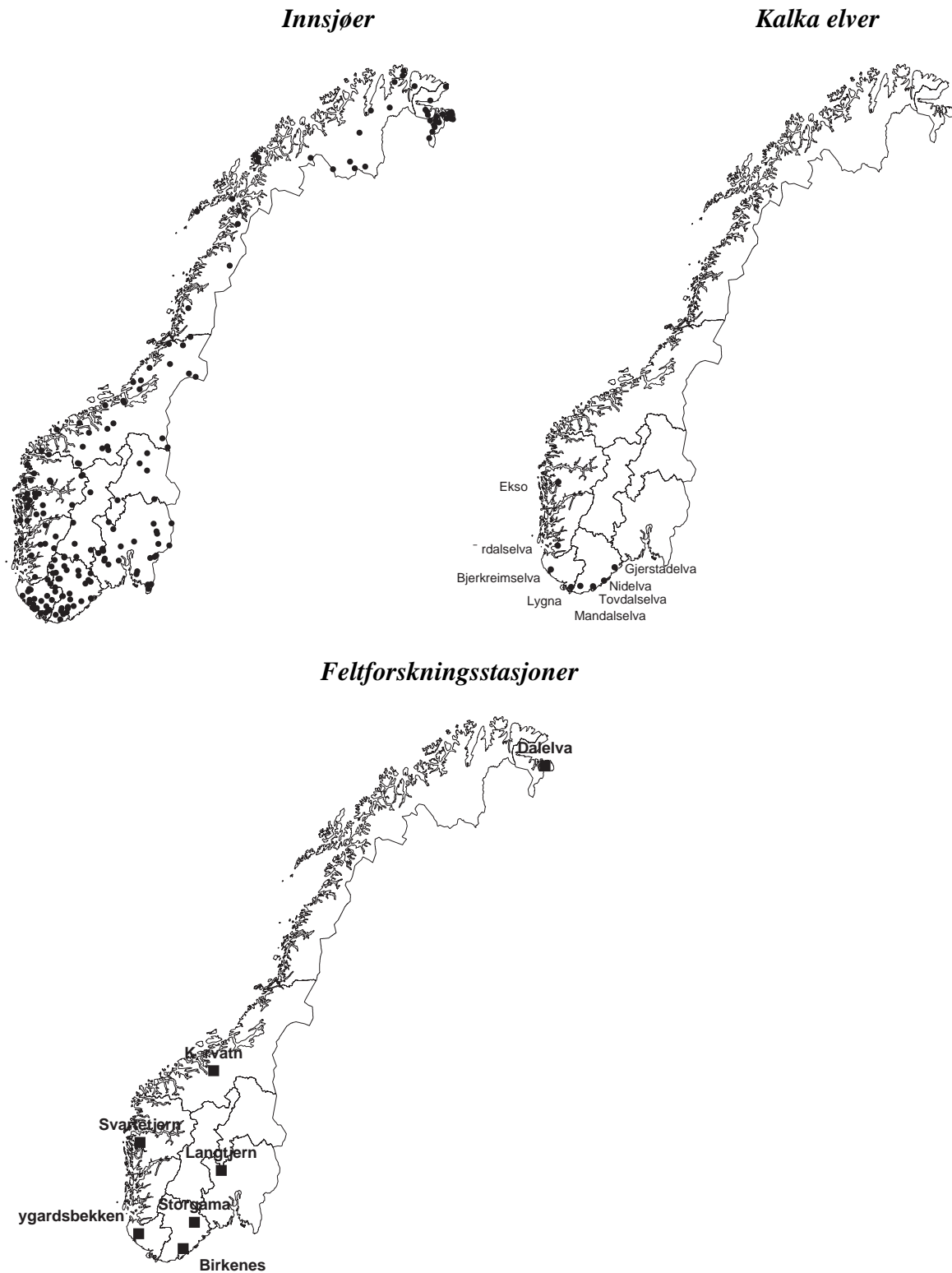
Innsjøprogrammet omfatter omkring 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige 80 sjøene undersøkes hvert 4. år; ca. 20 innsjøer per år (Gruppe 3-sjøer). Aktiviteten ble redusert fra 2002 og i 2003 ble totalt 29 innsjøer undersøkt (**Figur 10**). Hovedvekt ble lagt på region IV (Sørlandet - Øst) og VII (Vestlandet - Nord) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige åtte regionene. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996 og for en del av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle åtte årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i fire vassdrag fordelt på regionene V – VII hvorav to av vassdragene også undersøkes mhp. fiskebestander.

For bunndyr og krepsdyr er det gjort en vurdering av tilstand mht. forurensning/forurensningsskader. Forurensningstilstanden er inndelt i følgende klasser: ubetydelig/lite (klasse 1), moderat (klasse

2), markert (klasse 3), sterkt (klasse 4), meget sterkt (klasse 5) forsuret/forsuringsskadet. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden er kunnskap om naturgitte kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Slike kunnskaper er i mange tilfeller mangelfulle og vår klassifisering vil derfor kun i begrenset grad kunne skille mellom naturlig sure og forsurrede lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsuring er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsuringstilstanden i Norge.

For bunndyr bestemmes forsuringsstatus ut fra den registrerte bunndyrs sammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsuringfølsomme arter beregnes en forsuringssindeks (verdi: 0-1) for hver lokalitet. Når det gjelder krepsdyrene er det en total vurdering av samfunnene, basert på artsinventar, artsrikdom og mengdefordelinger (dominansforhold) som ligger til grunn for å klassifisere lokalitetene. Den totale invertebratfaunaen (bunndyr og krepsdyr samlet) gir i mange tilfeller et bedre grunnlag for å vurdere forsuringsskadene enn en vurdering basert på bunndyrene eller krepsdyrene alene. **Figur 17** presenterer en slik samlet vurdering. Mulige responsforskjeller mellom krepsdyrene og bunndyrene vil imidlertid kunne bli kamuflert.

Eventuelle forsuringsskader vil være avhengig av en kombinasjon av ulike kjemiske, fysiske og biologiske forhold. Den kjemiske overvåkingen kan derfor kun gi indikasjoner om biologiske skader. En tidsforskyvning mellom kjemisk restituerende og biologisk restituerende i tidligere forsurrede lokaliteter må dessuten forventes.



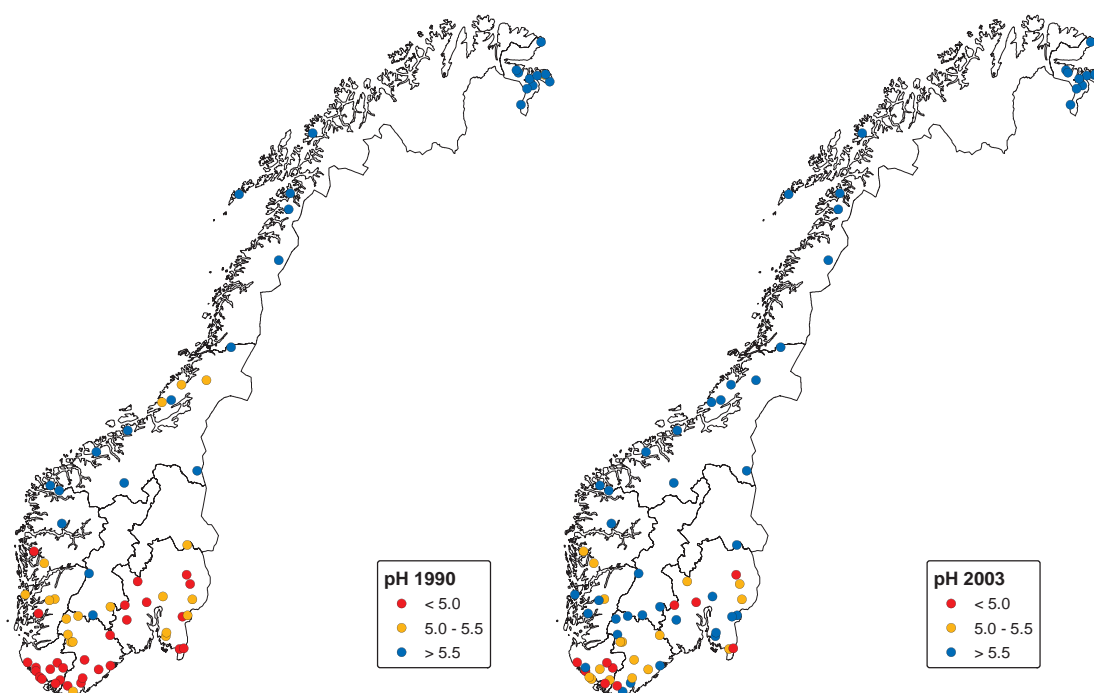
**Figur 11.** Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2003.  
**Figure 11.** Locations in the surface water monitoring programme 2003.

### 3.1 Effekter på vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i vann og vassdrag (**Tabell 2**). Nedgangen i sulfat varierer fra 30 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 60 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2003, mens enkeltlokaliteter i Sør-Norge viser reduksjoner på 70 % for perioden 1980-2003. Det er en tendens til en svakere nedgang i sulfat de tre siste årene enn tidligere år (**Figur 13**).

Deposisjon av nitrat og ammonium viser ingen systematiske endringer siden målingene av disse komponentene startet i 1974. Fire av 20 stasjoner viser imidlertid signifikant nedgang, mens en viser økning. Innsjøovervåkingen viser generelt høyere nitratkonsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 frem til i dag (**Figur 13**). De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogendeposisjonen er høyest (region V Sørlandet-Vest).

Den markerte nedgangen i sulfat har hatt en tydelig innvirkning på vannkjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. Hele landet sett under ett (**Figur 12** og **Figur 13**) viser klar økning i pH og ANC mens labilt aluminium avtar.



**Figur 12.** pH i overvåkingsinnsjøene i 1990 og 2003. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen.

**Figure 12.** pH in the monitoring lakes in 1990 and 2003. The figure clearly illustrates the improvement in surface water acidification since 1990.

Ca. 60% av økningen i ANC er forårsaket av nedgang i sulfat, mens ca. 30% er forårsaket av økning i ikke-marin Na. Dette kan forklares med at noe av forbedringen vi ser i forsureningssituasjonen er forårsaket av en gradvis nedgang i sjøsalter (klorid og natrium) siden begynnelsen av 90-tallet hvor nedgangen av klorid er større enn nedgangen i natrium. Dette gir et positivt bidrag til ANC. (På begynnelsen av 90-tallet var det flere vintre med mange store og kraftige stormer hvor mye sjøsalter fra havet ble brakt inn over land og virket inn på kjemiske prosesser i jord og i vann). Denne delen av forbedringen er midlertidig og vil kunne endres ved nye sjøsaltepisoder.

**Tabell 2.** Endring i ikke-marin sulfat per år i  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  for perioden 1980 til 2003 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2003 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

**Table 2.** Changes in non-marine sulphate per year in  $\mu\text{eq L}^{-1}$ . Time period 1980 to 2003 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2003 for lakes. The results are based on linear regression.

#### Innsjøer

Region		Antall innsjøer	1986 $\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$	2003 $\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$	% endring fra 1986-2003
I.	Østlandet - Nord	1	57	29	49
II.	Østlandet - Sør	15	98	39	60
III.	Fjellregion - Sør-Norge	4	34	15	57
IV.	Sørlandet - Øst	12	63	28	56
V.	Sørlandet - Vest	10	63	29	54
VI.	Vestlandet - Sør	3	34	15	56
VII.	Vestlandet - Nord	4	19	10	48
VIII.	Midt-Norge	10	18	11	40
IX.	Nord-Norge	5	19	11	45
X.	Øst-Finnmark	11	73	52	30

#### Elver (alle er kalket)

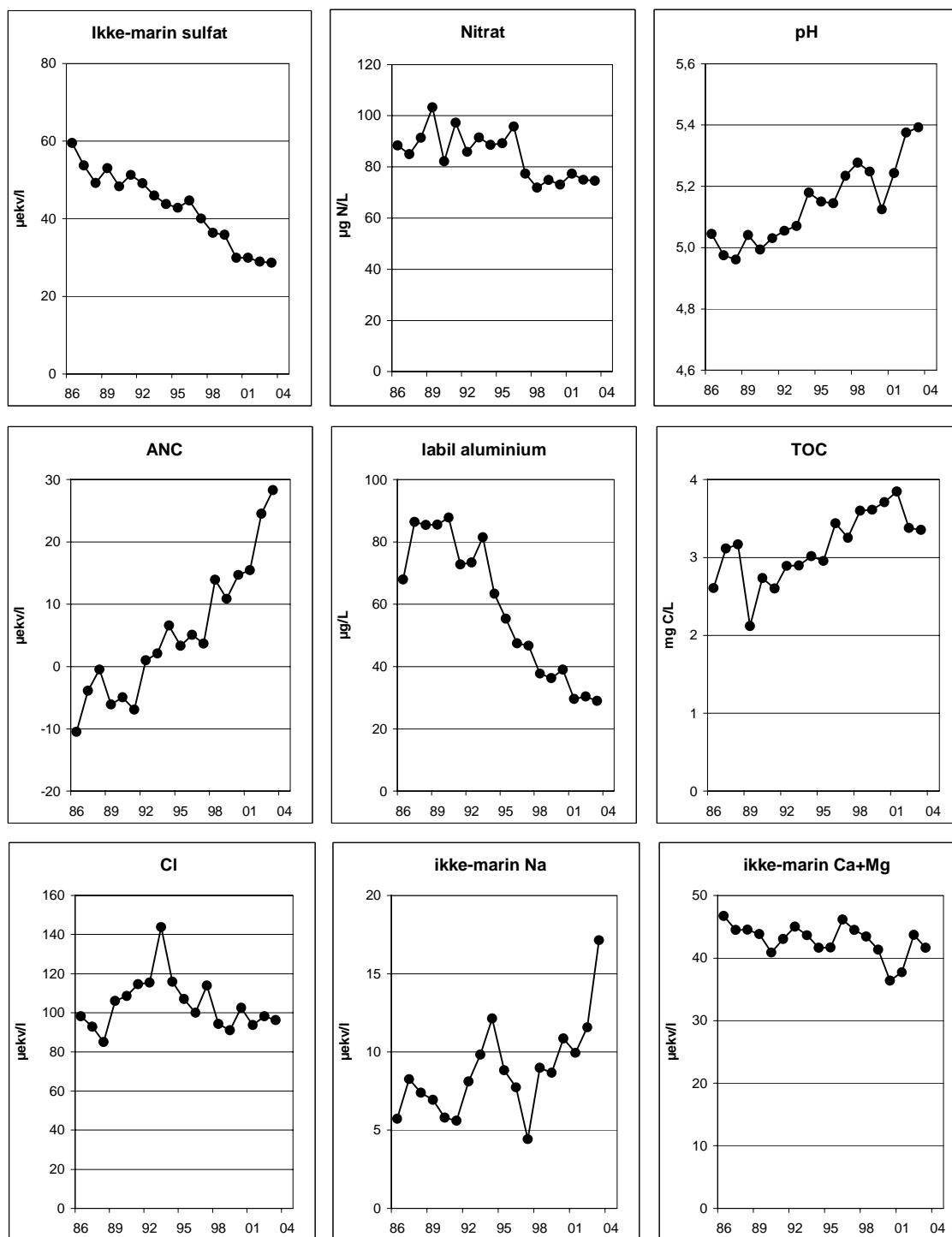
	Region	1980 $\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$	2003 $\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$	% endring fra 1980-2003
Gjerstadelva	IV	113	50	56
Nidelva	IV	83	40	52
Tovdalselva	IV	87	35	60
Mandalselva	IV	64	24	63
Lygna	IV	73	31	58
Årdalselva	VI	35	19	45
Bjerkreimselva	V	51	27	48
Ekso	VII	32	15	54

#### Feltforskningsstasjoner

Langtjern	II	81	24	70
Storgama	II	81	23	71
Birkenes	IV	138	54	61
Kårvatn	VIII	13	7	51



### Gjennomsnittlig endring i 75 innsjøer fra hele landet



**Figur 13.** Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 75 innsjøer fordelt over hele landet (se Figur 12).

**Figure 13.** Trends in average concentrations of a selection of components in 75 lakes all over Norway (see Figure 12 for locations).

Trender for perioden fra 1986 til 2003 for de 10 ulike regionene er framstilt i **Figur 14-Figur 16**. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnitt av et antall innsjøer (**Tabell 2**). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.

Gjennomgangen av den kjemiske utviklingen i hver region er basert på resultater fra både innsjøer med lang tidsserie (1986-2003) og kort tidsserie (1995-2003), elver og feltforskningsstasjoner. I beskrivelsene er kjemien fra innsjøer med lang serie valgt for å illustrere utviklingen.

### **Østlandet - Nord (region I)**

Regionen Østlandet-Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år til år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp. forsuring. Gjennomsnittsverdien for pH har økt fra verdier  $< 5,0$  på slutten av 80-tallet til  $> 5,5$  i 2002 og 2003. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne regionen. Fram til 1992 var gjennomsnitts ANC under  $20 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 1998 har verdien vært over  $30 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og i 2003 finner vi den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt ( $56 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Gjennomsnittsverdien av labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til  $37 \mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden 1991 vært under  $10 \mu\text{g L}^{-1}$ . Verken nitrat eller TOC viser systematiske endringer i måleperioden.

### **Østlandet - Sør (region II)**

Region Østlandet-Sør er skogdekket, og har det høyeste nivået av organisk karbon (TOC) av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til  $20 \text{ mg C L}^{-1}$ . I denne regionen finner vi også det høyeste sulfatnivået. Dette skyldes en kombinasjon av høy belastning og relativt lite nedbør og lange oppholdstider i sjøene. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forsuringssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Sulfat er redusert med gjennomsnittlig 60 % fra 1986 til 2003 i de 15 sjøene som representerer denne regionen. Gjennomsnittsverdien for pH var under 5,0 fram til 1993 og fra 1994 til 2003 har pH vært høyere enn 5,0 med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. ANC er relativt høy i denne regionen. Fra 1986 til 1991 var ANC ca.  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , i perioden 1992-1997  $15-20 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , mens i de seks siste årene har ANC vært over  $25 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Verdien for 2003 ( $49 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ) er den høyeste så langt i overvåkingen. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1990. Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp, og alkaliteten var i 1999 på  $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Høsten 2000 ble det igjen registrert veldig lav alkalitet, mest sannsynlig som en følge av flommen. I 2003 var alkaliteten på  $15 \mu\text{ekv/L}$ , og i likhet med ANC den høyeste registreringen så langt innen overvåkingen. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994  $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2003 har gjennomsnittsverdien av labilt Al, vært omkring  $50 \mu\text{g L}^{-1}$ . Det er en tendens til nedgang i nitrat, gjennomsnittet for innsjøene siden 1997 ( $< 58 \mu\text{g N L}^{-1}$ ) er lavere enn alle de foregående årene. TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet fra  $4,1 \text{ mg C L}^{-1}$  i 1991 til  $9,7 \text{ mg C L}^{-1}$  i 2001 mens 2002 og 2003 igjen viser en liten nedgang.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

Alle lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa, og regionen er dominert av fjellområder med skinn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene ( $< 1 \text{ mg C L}^{-1}$ ). Forurensningsbelastningen er relativt lav og sulfatnivået i

innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat. De fire siste årene har gjennomsnittsnivået for sulfat vært tilnærmet uforandret. Innsjøene i denne regionen har generelt lavt innhold av basekationer ( $\text{Ca} < 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra  $< 10 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1995 og  $> 20 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  siden 2000. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser en kraftig nedgang; fra et gjennomsnittsnivå på  $> 35 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1986 - 1990 til konsentrasjoner  $< 10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  etter 2001. Nitrat viser tendens til nedgang. Siden 1996 har konsentrasjonene av nitrat avtatt hvert år og gjennomsnittlige nitratkonsentrasjoner for 2002 er de laveste som er registrert så langt, mens 2003 igjen viser en liten økning.

#### **Sørlandet – Øst (region IV)**

Regionen Sørlandet-Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til heiområdene.

Forurensningsbelastningen er høy og sulfatnivået i innsjøene i denne regionen er høyt. Det er bare region II som har høyere sulfatnivå. Nedgangen i sulfat i innsjøene i denne regionen har vært 56 % fra 1986-2003 for de 12 innsjøene som representerer denne regionen.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sulfat fra 1999 - 2003 er tilnærmet uforandret. Regionen må karakteriseres som sterkt forsuret, men det er klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har vært  $< 5,0$  fram til 1996 og  $> 5,0$  fra 1997, med unntak av høsten 2000 (pH 4,97) som var preget av flom. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner  $< -20 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1994. Siden 1998 har gjennomsnittsnivået vært  $> 0 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Tilsvarende gjelder for alkaliteten som fram til 1993 var  $0 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Fra 1994 til 2002 har alkaliteten økt gradvis til  $4 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ , med unntak av høsten 2000. Labilt Al har avtatt dramatisk fra nivåer  $> 100 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  fra 1986-1995 ned til  $40 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  i 2003. pH, ANC og alkalitet viser i 2003 de høyeste gjennomsnittsverdiene registrert så langt innen overvåkingen, mens labilt aluminium viser de laveste. Det er en svakt avtagende trend i nitrat, konsentrasjonene fra 1998 til 2003 er lavere enn for perioden 1986 til 1997. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå  $< 2,7 \text{ mg C L}^{-1}$  fra 1986-1995 til  $> 3 \text{ mg C L}^{-1}$  siden 1996. 2001 viser den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen så langt for denne regionen ( $3,9 \text{ mg C L}^{-1}$ ), mens 2002 og 2003 viser en liten nedgang.

#### **Sørlandet – Vest (region V)**

Regionen Sørlandet-Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon.

Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene. De 10 innsjøene som representerer denne regionen har i 2003 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (4,95) og alkalitet ( $0 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ ) og de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al ( $72 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ ) av alle de ti regionene. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige nitratkonsentrasjon ( $242 \text{ } \mu\text{g N L}^{-1}$ ) som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må karakteriseres som betydelig forsuret, men situasjonen er også her i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene, ser vi en kraftig nedgang i sulfat (54 %) fra 1986 til 2003, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. Nitrat viser ingen tydelig trend, men også i denne regionen finner vi de laveste nitratnivåene i de siste årene fra 1998 til 2003. TOC viser en økende trend fra 1986-1996, men relativt stabile verdier fra 1997-2003 ( $2,9\text{-}3,0 \text{ mg C/l}$ ).

#### **Vestlandet – Sør (region VI)**

Regionen Vestlandet-Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ) og TOC ( $1 \text{ mg C L}^{-1}$ ). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 56 % fra 1986 til 2003. Det har bare vært små endringer i sulfatkonsentrasjonen siden 1997. Den laveste observasjonen så langt ble registrert i 2001 ( $16 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv ANC, men ANC har variert en del fra år til år. I 2002 var gjennomsnittlig ANC 17 og i 2003  $14 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 1996 har pH vært  $> 5,3$ , og i 2003 var gjennomsnittlig pH 5,73, som er den høyeste verdien registrert så langt. Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien de siste tre årene har vært  $12\text{--}13 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ . Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig  $94 \text{ } \mu\text{g N L}^{-1}$  i 2003, dvs. omtrent på samme nivå som i 1986) av samme grunn som i regionen Vestlandet-Sør (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon). Det er ingen signifikante trender i nitrat, men nitrat-konsentrasjonene siden 1997 er lavere enn perioden 1986 til 1996. TOC viser ingen endringer i denne regionen.

### **Vestlandet – Nord (region VII)**

Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene (gjennomsnittlig Ca  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (48 %, fra ca.  $20 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  til ca.  $10 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ ), og dette har resultert i markerte endringer i forsuringskjemien. ANC har økt fra ca.  $-10$  til  $8 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ , mens pH har økt fra 5,1 til 5,47 og labilt Al avtatt fra ca. 30 til under  $15 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  i løpet av de siste 10 årene. Den største økningen i ANC har skjedd fra 2001 til 2002.

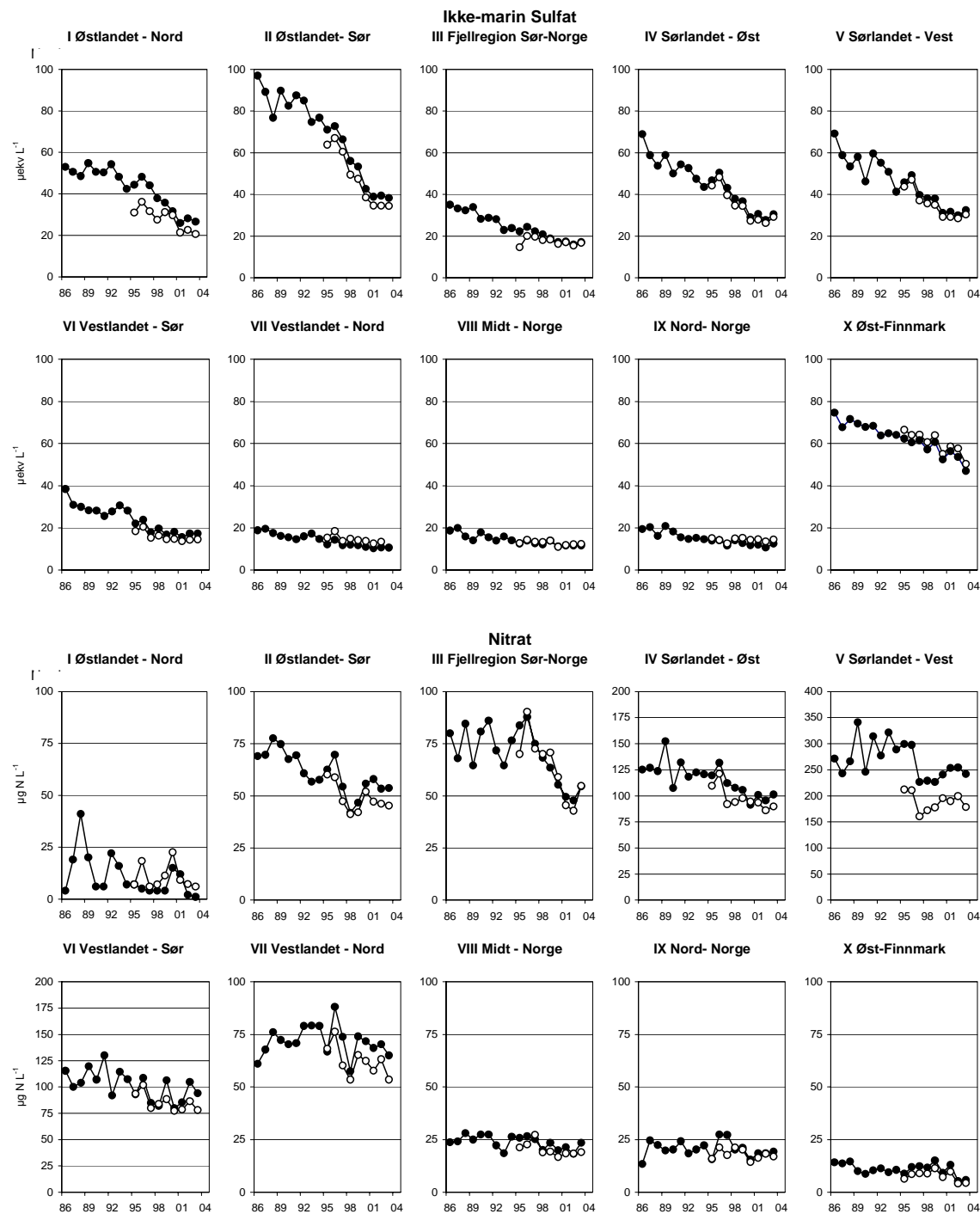
### **Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)**

Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå  $10\text{--}12 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og er laveste av alle regionene. Dette begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 15 innsjøene, som representerer disse regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. ANC er lav ( $15\text{--}30 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ ), og pH er ca 6. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat og økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al. Begge regionene viser en kraftig økning i ANC og alkalitet fra 2001 til 2002.

### **Øst-Finnmark (region X)**

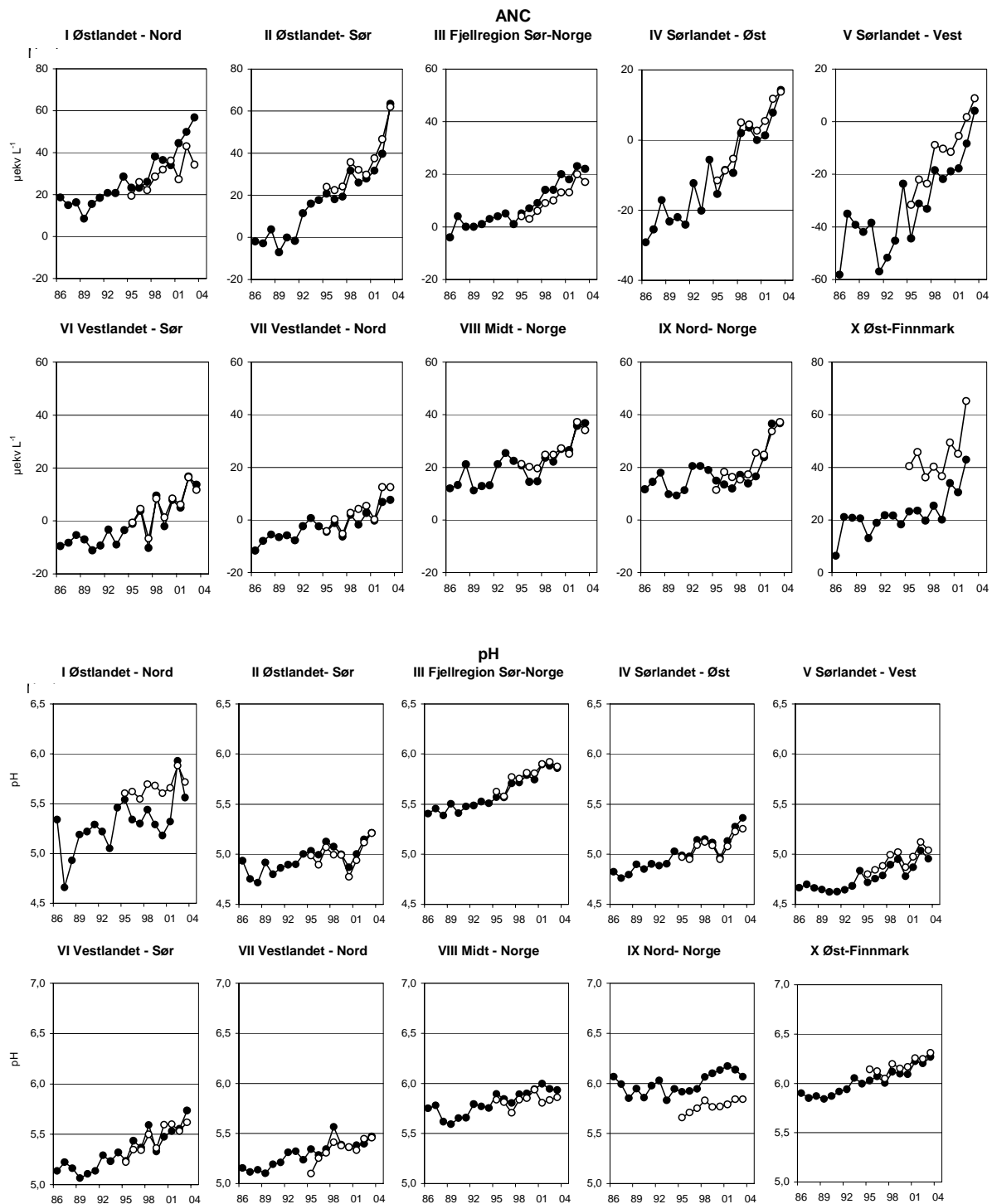
Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya, og er påvirket av smelteverksindustrien som gir utslipp av svovel, kobber og nikkel. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Forurensningsbelastningen i dette området er mye mer variabel fra år til år enn i Sør-Norge, noe som reflekteres i de vannkjemiske trendene gjennom overvåkingen fra 1986 til 2003. Undersøkelser i 1986 viste at for innsjøene i Øst-Finnmark var konsentrasjonene av sulfat i innsjøene mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsurening. Undersøkelser i

1987-1989 viste at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kola-halvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært  $> 6$ . Den høyeste gjennomsnittsverdien så langt er registrert i 2003 (pH 6,27), og viser at pH fremdeles har en økende trend. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist en jevn nedgang på 30 % fra 1986 til 2003. I 2003 var gjennomsnittsverdien den laveste som er registrert så langt ( $47 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ).



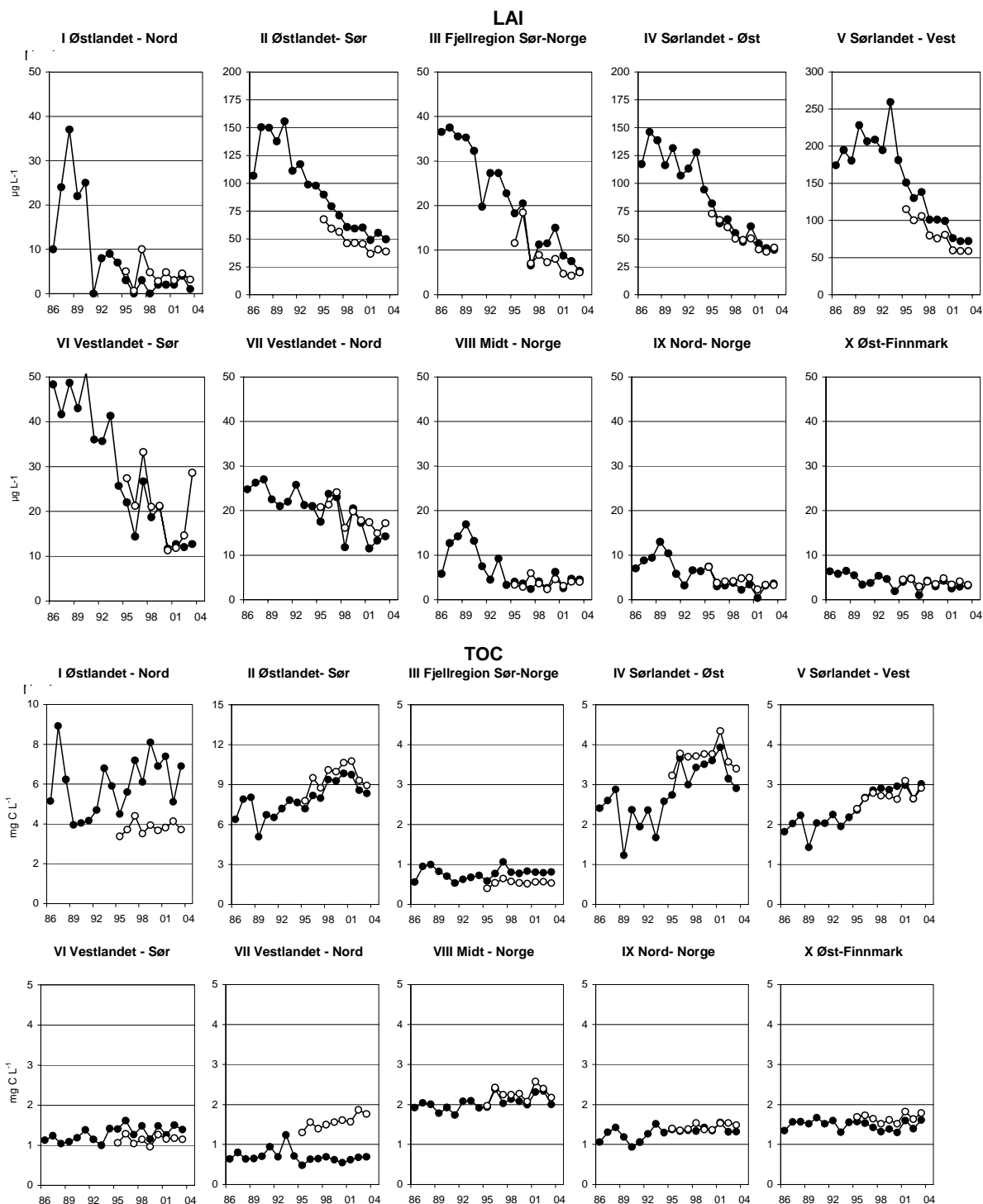
**Figur 14.** Trender fra 1986-2003 for ikke-marin sulfat og nitrat i innsjøer for de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene. Fylte sirkler er "lang serie (1986-2003)", mens åpne sirkler er "kort serie" (1995-2003).

**Figure 14.** Trends for 1986-2003 in non-marine sulphate and nitrate in lakes in the 10 regions. Note! Different scales on the y-axis. Black dots are lakes with data since 1986, while open dots represent lakes that have data since 1995.



**Figur 15.** Trender fra 1986-2003 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH i innsjøer for de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene. Fylte sirkler er "lang serie (1986-2003)", mens åpne sirkler er "kort serie"(1995-2003).

**Figure 15.** Trends for 1986-2003 in ANC (acid neutralizing capacity) and pH in lakes in the 10 regions. Note! Different scales on the y-axis. Black dots are lakes with data since 1986, while open dots represent lakes that have data since 1995.



**Figur 16.** Trender i LAI (labilt (uorganisk bundet) aluminium) og TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2003 for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene. Fylte sirkler er "lang serie (1986-2003)", mens åpne sirkler er "kort serie" (1995-2003).

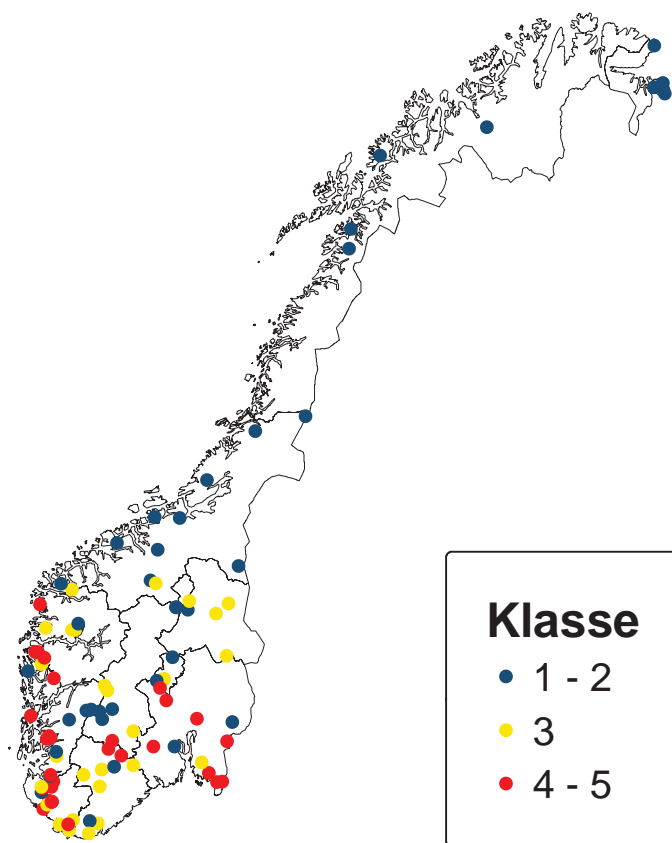
**Figure 16.** Trends for 1986-2003 in labile Al (LAI) and TOC in lakes in the 10 regions. Note! Different scales on the y-axis. Black dots are lakes with data since 1986, while open dots represent lakes that have data since 1995.



### 3.2 Effekter på akvatisk fauna

Under effekter på akvatisk fauna inngår undersøkelser av bunndyr, småkreps og fisk.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forurensningssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - meget sterkt forurensningsskadet) (**Figur 17**). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitene ubetydelig til moderat skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også enkelte innsjøer som vurderes til moderat forurensningsskadet.



**Figur 17.** Kart med angivelse av forurensningsskader basert på bunndyr og planktoniske og litorale krepsdyr (innsjøer) fra siste undersøkelsesår. Klasse 1-2: ingen/lite til moderat forurensningsskadet, klasse 3: markert forurensningsskadet, klasse 4-5: sterkt til meget sterkt forurensningsskadet.

**Figure 17.** Classification of acidification damage based on macroinvertebrates as well as pelagic and littoral microcrustaceans (lakes) from the last year of study. Classes 1-2: non/slightly – moderately damaged, 3: markedly damaged, 4-5: severely – very severely damaged.

### 3.2.1 Effekter på bunndyr

#### Regionale bunndyrundersøkelser i elver

De regionale bunndyrundersøkelsene i elver omfatter overvåking av seks vassdrag. Fra og med 2002 blir tre av vassdragene prøvetatt annet hvert år. I 2003 ble det samlet inn prøver fra fem vassdrag. Resultatene bekrefter en tendens mot mindre skader på bunndyrfaunaen i flere av vassdragene. Totalt sett var situasjonen i 2003 en av de beste som er registrert etter at de regionale overvåkingsprogrammet startet i første halvdel av 1980-tallet. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er redusert i de senere år. Generelt hadde vassdragene lengst sør i landet størst skader.

#### Sørlandet - Vest (region V)

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsureningsskadd i perioden 1981-1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men deler av området må fortsatt karakteriseres markert forsureningsskadd. Undersøkelsene ved Farsund i 2003 bekrefter en forbedret situasjon med hensyn til skadeomfang og diversitet av forsureningssensitive bunndyrarter (**Figur 18**). Den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani*, som i en lang periode ikke ble registrert i området, ble høsten 2003 registrert i alle lokalitetene i innløpsbekken til Gjærvollstadvatnet. Den ble også registrert om våren. Det samme var tilfelle året før. I 2003 ble *B. rhodani* også registrert i innløpet til Saudlandsvatnet. Flere moderat sensitive arter har etablert stabile populasjoner, og de fleste prøvene som ble tatt i 2003 inneholdt sterkt sensitive eller moderat sensitive arter. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsureningsindeksen i Farsundområdet fra 1990.

Ognavassdraget ble ikke prøvetatt i 2003.

#### Vestlandet - Sør (region VI)

Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsureningsskader i deler av nedbørfeltet. Det var mindre forskjeller i skade mellom vår og høst enn året før. I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling i de senere år (**Figur 18**). Vassdraget har refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsureningssensitive bunndyr og har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsureningsindeksen i Vikedalsvassdraget fra 1990.

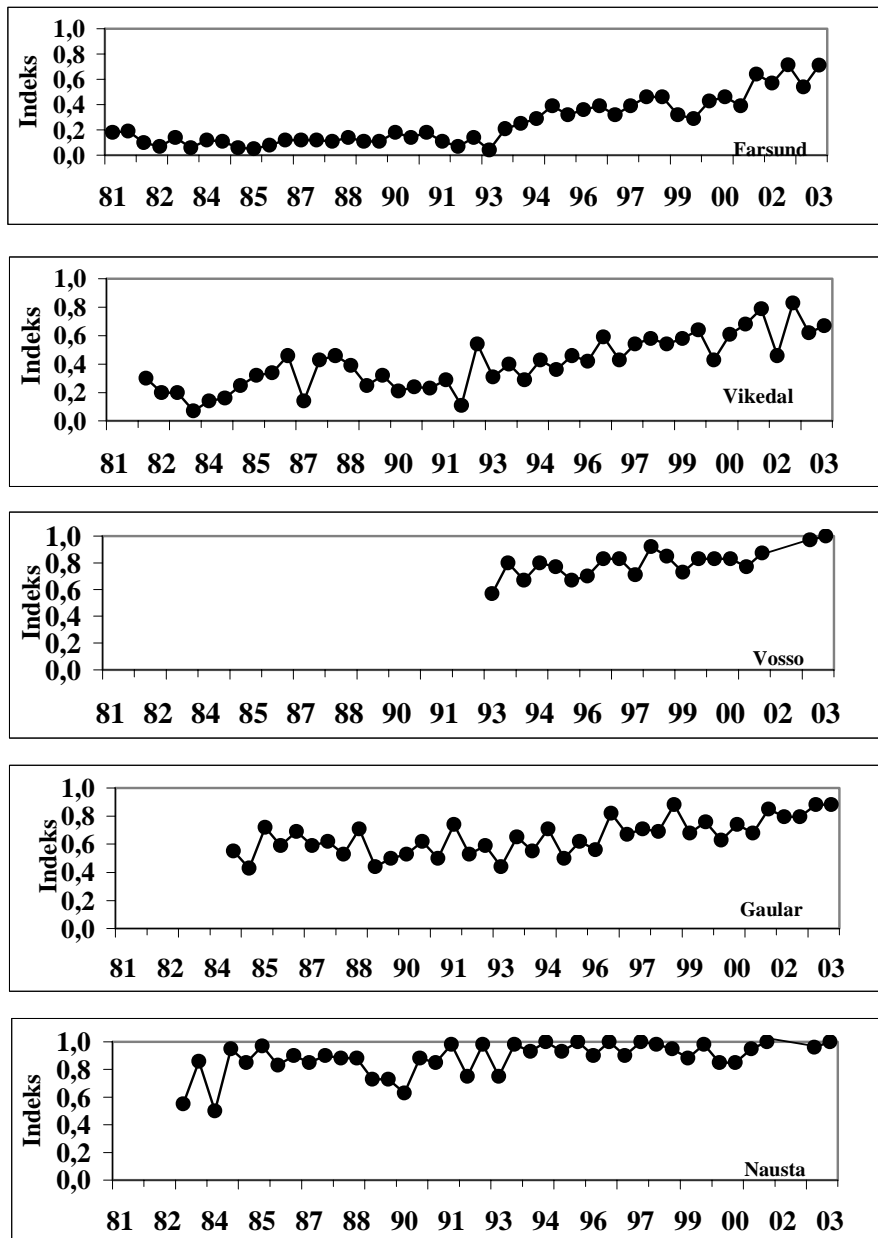
#### Vestlandet - Nord (region VII)

Vossovassdraget er kalket i den nedre delen, og stasjonsnettet i overvåkingsprogrammet omfatter 15 stasjoner i den ukalkede delen av vassdraget. Her er det tatt bunnprøver vår og høst fra 1993. I Vosso viste prøvetakingen i 2003 en betydelig bedret situasjon sammenlignet med data fra 1993 til 2001 (**Figur 18**). Dette skyldes først og fremst etablering av forsureningsfølsom fauna i den øvre delen av Raundalselva. Dette vassdragsavsnittet har tidligere vært betydelig skadet. Overvåkingen i 2003 viste blant annet at den sterkt sensitive døgnfluen *B. rhodani* hadde etablert på alle stasjonene i Raundalselva. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,01$ ) av forsureningsindeksen i Vossovassdraget fra 1990.

Gaularvassdraget har fortsatt forsureningsskader i Eldalen, men de har avtatt i de senere år. Situasjonen i 2003 var den beste som er registrert (**Figur 18**). Hovedelva nedstrøms

Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsmfunn, med gode innslag av forsureningssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.

Naustavassdraget har hatt en tilfredsstillende utvikling med hensyn på forsureningsskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983, og kan betegnes som det minst forsurete av overvåkingsvassdragene (**Figur 18**). Bunndyrsmfunnene i de nedre, lakseførende deler av vassdraget hadde en normal sammensetning uten tegn på forsureningsskade.



**Figur 18.** Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

**Figure 18.** Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is explained in the main report.

## **Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer**

### **Østlandet – Nord (region I)**

I region I ble Atnsjøen undersøkt i 2003. Her ble det registrert 2 arter av snegl og 5 døgnfluer hvorav 4 er sterkt følsomme for surt vann. De fleste påviste døgnfluene er sensitive for surt vatn, mens nesten alle kjente følsomme taksa for steinfluer var tilstede. Det ble videre påvist 12 arter av vårfluer, men bare en av disse er kjent for å være sensitiv for surt vann. Resultatet i Atnsjøen varierer litt fra år til år med hensyn på antall arter og mengden av sensitive taksa. Forskjellene tolkes som naturlige variasjoner og ikke at samfunnene endrer seg grunnet endret forsuringsbelastning. Begrunnelsen for dette er at forsuringsindeks 1 og 2 oppnådde verdien 1 til alle tidspunktene og på alle lokalitetene. Stortjønna har vist moderat til liten forsuringskade tidligere. I 2003 ble denne tilstanden opprettholdt, men kun basert på et følsomt individ. Dette er klart negativt og kan indikere dårligere forhold. Forekomsten av følsom fauna i innsjøene har tidligere variert en del slik at resultatene fra 2003 er i overensstemmelse med dette. Lokaliteten er derfor følsom for forsurening og ustabil med hensyn på dette.

### **Østlandet – Sør (region II)**

I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, Langvatn og Bredtjern undersøkt. Resultatene fra disse innsjøene viser ingen nevneverdige endring i status sammenlignet med foregående år. Bunndyrfaunaen i Ø. Jerpetjern ble vurdert som henholdsvis tydelig (våren) og sterkt forsuringskadet (høsten). Faunasammensetningen var i prinsippet uendret fra foregående år. I Langtjern ble det påvist 3 følsomme taksa. Sjøen er tidligere vurdert som tydelig forsuringskadet. Registreringene i 2003 endrer ikke på denne statusen, men denne tilstanden kan nå begrunnes med flere organismer enn tidligere. Bredtjern ble satt til sterkt skadet, en tilstand som ikke har endret seg. Samlet sett har ikke statusen for regionen endret seg, men det er observert forhold som peker i positiv retning.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Heddersvatn ble det funnet 2 moderat følsomme taksa, dvs. det samme som året før. Tidligere ble det registrert flere følsomme taksa i innsjøen. Utviklingen de siste årene har derfor tendert i negativ retning, men forsuringsstatusen er ikke endret. I Rondvatn forekom det 6 sensitive taksa av bunndyr, dvs. 2 færre enn i 2001 og 2002. De følsomme taksaene besto både av meget følsomme døgnfluer og flere følsomme steinfluearter. Litoralsonen i Rondvatn har færrest følsomme taksa og manglet de mest følsomme artene. Dette skyldes neppe forsurening. Innløpsbekken til innsjøen har flest følsomme taksa og det høyeste individantallet av disse. Innsjøen er svært ionefattig, noe som er hevdet å kunne ekskludere enkelte følsomme arter. Våre registreringer viser at de mange følsomme taksa av insekter ikke er begrenset av ionefattig vannkvalitet.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

I region IV ble Bjorvatn, Lille Hovvatn, Sognevatn og Risvatn undersøkt. I førstnevnte lokalitet er det tidligere bare påvist taksa som er tolerante for surt vatn med unntak av 2002 hvor det ble registrert småmuslinger. I 2003 ble muslingene ikke gjenfunnet og innsjøen fremstår som sterkt forsuringskadet. Lille Hovvatn har vist en tilsvarende utvikling og faunaen indikerer sterk forsuringskade. I Sognevatn ble det funnet 9 følsomme taksa om høsten med *B. rhodani* og to arter av *Hydropsyche* som de viktigste. Registreringene ble gjort både i utløp og innløp, men med noe forskjellig faunasammensetning. Registreringene

indikerer lav forsurening av lokaliteten. I litoralsone ble iglen *Theromyzon tessulatum* funnet. Utviklingen av følsom fauna i lokaliteten er positiv sammenlignet med året før. I Risvatn ble det og påvist en rekke følsomme taksa og dyresamfunnet fremstår som lite skadet. Samlet sett indikerer dette at faunaen i regionen utvikler seg i positiv retning, men fortsatt er det betydelig forurensningsskade i de mest utsatte områdene.

### **Sørlandet - Vest (region V)**

I region V ble de årlige innsjøene undersøkt i 2003. I Saudlandsvatn ble det påvist 6 moderat følsomme taksa. Dette er det samme som året før og endrer ikke forurensningsstatus sammenlignet med de siste års undersøkelser. I Ljosvatn ble det funnet ett individ av døgnfluen *Siphonurus* sp i 2002. Resultatene fra 2003 ga ikke noe gjenfunn og lokaliteten vurderes derfor som sterkt forurensningsskadet. I Lomstjørni ble det funnet 7 følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Lokaliteten fremstår nå som lite forurensningsskadet og både innløp, litoral og utløp inneholder de mest følsomme organismene. I strandsonen ble det f. eks. påvist snegl om høsten. Resultatene fra de undersøkte innsjøene indikerer økning i biologisk mangfold. Forureningen er fortsatt meget stor i lokaliteter med lav bufferevne, men faunaen i andre lokaliteter tyder på bedring av forholdene.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

I region VI ble bare Røyrvatn undersøkt i 2003. Tidligere har det vært registrert moderat følsomme arter i denne lokaliteten, men ingen slike ble påvist de siste årene. I 2003 er det en markert forbedring av faunaen med forekomst av flere moderat følsomme arter som *Diura nanseni*, *Hydropsyche siltalai* og *Lepidostoma hirtum* i utløpet. Den negative utviklingen de foregående årene er således snudd. Dette har vært forventet og Røyrvatn føyer seg nå inn i den generelle positive utviklingen for regionene, se elveundersøkelsene.

### **Vestlandet - Nord (region VII)**

I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølvatn og Svartjern undersøkt. I tillegg ble det undersøkt 4 av de andre lokalitetene i regionen. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn har indikert en sterkt forurensningsskadet fauna frem til år 1999 hvor en følsom steinflue ble registrert om høsten. Disse forsvant igjen i 2000, men ble registrert på nytt i 2001. De var også til stede i 2002 og indikerte starten på en positiv utvikling av faunaen i Markusdalsvatn. Vårprøvene i 2003 inneholdt ingen følsomme former, mens det i høstprøvene ble registrert to følsomme taksa, *D. nanseni* og *Isoperla* sp. I Svartjern har det tidligere bare vært registrert sterkt forurensningstolerante taksa. Prøvene fra høsten 2003 inneholdt imidlertid noen individ av *Siphonurus* sp. - hvilket indikerer en forbedring. Videre overvåking vil avgjøre om følsom fauna holder på å etablere seg i Svartjern. Nystølvatn har hatt en stabil tilstand siden overvåkingen startet av Gaularvassdraget. Det var derfor en uventet endring som skjedde i 2000 da tilstanden sank fra markert til sterkt forurensningsskade, en tilstand som også fortsatte i 2001. Undersøkelsene i 2002 ga imidlertid 4 moderat følsomme taksa, dvs. en markert forbedring sammenlignet med de to foregående årene. Denne forbedrede situasjonen fortsatte i 2003. Både moderat følsomme steinfluer og døgnfluer er nå registrert i Nystølvatn. Innsjøen ligger i et område som gir ionefattig vannkvalitet og er følgelig svært følsom for forurening. De øvrige innsjøene som ble undersøkt var Holmavatn, Movatn, Oddmundsdalsvatn og Langevatn. Resultatene fra disse viser varierende resultat. Holmavatn ligger nedstrøms Nystølvatn og ligner denne innsjøen. Den manglet de fleste følsomme artene, men det ble registrert ett individ av *B. rhodani*. Dette er svært positivt for lokaliteten og viser at

forbedringen stadig registreres høyere opp i vassdraget. I Movatn ble det påvist 10 følsomme arter. Innsjøen fremstår som lite skadet og det er klare forbedringer i forhold til tidligere undersøkelser. Oddmundsdalsvatn hadde en sparsomt utviklet fauna som bare besto av tolerante arter. Lokaliteten kommer derfor i kategorien sterkt forsuret skadet fauna. Langevatn hadde en enda dårligere fauna og vil i likhet med Oddmundsdalsvatn få karakteristikken sterkt skadet. Samlet sett har det foregått markerte forbedringer i deler av regionen, mens andre fortsatt viser sterk forsuringsskade.

### **Midt-Norge (region VIII)**

I region VIII ble bare Svartdalsvatn undersøkt i 2003. Innsjøen er artsfattig, men inneholdt 4 følsomme taksa. Dette er som forventet i en artsfattig fjellsjø og indikerer liten eller ingen skade. Alle innsjøene for regionen ble undersøkt i 2001 og viste da at de fleste var lite skadet av forsuring.

### **Nord-Norge (region IX)**

I region IX er Kapervatn undersøkt siden 2000. Prøvene fra 2002 inneholdt svært få organismer som kan brukes i vurdering av forsuringssstatus, men prøvene fra 2003 ga et normalt resultat. Antall taksa og individ er lavt i innsjøen, men det ble registrert sterkt og moderat forsuringfølsomme døgnfluer i lokaliteten. Dette indikerer liten forsuring av lokaliteten som forøvrig fremstår som meget næringsfattig.

### **Øst-Finnmark (region X)**

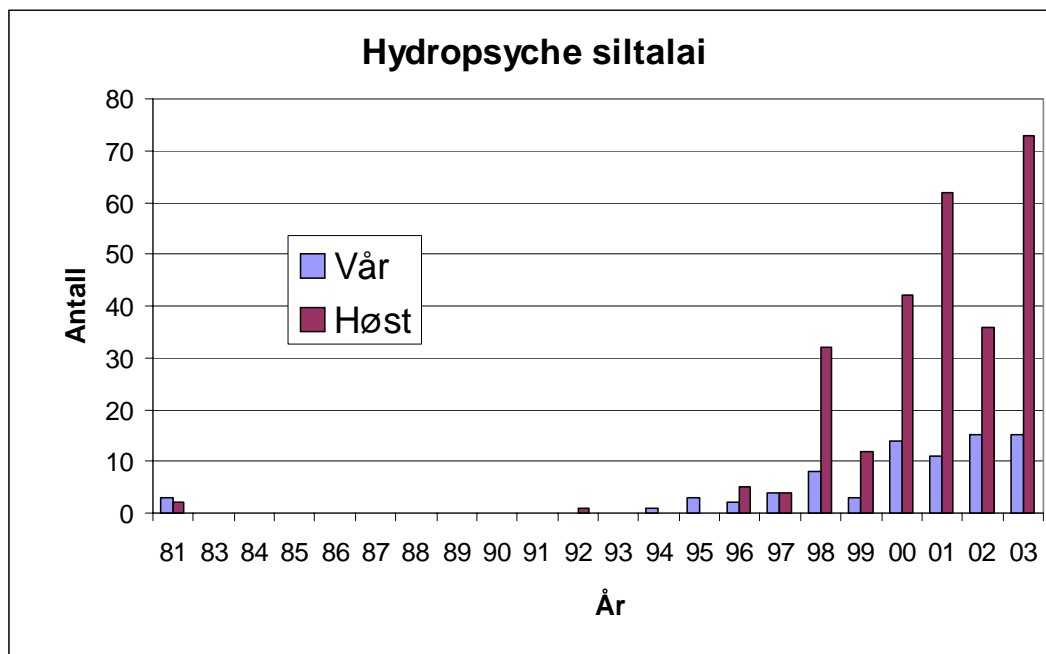
I region X ble Dalvatn undersøkt. Antall følsomme arter har vært lite endret gjennom de siste årene. Både i 2002 og 2003 fikk lokaliteten en Indeks 2 verdi på  $> 1$ , dvs. liten eller ingen skade.

### **Trender**

En del av innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt tidligere. I region IV ble Risvatn undersøkt under SNSF-prosjektet i perioden 1977 til 1980 og skulle da representere en lite forsuret lokalitet. Faunasammensetningen den gang ville trolig gitt tilstandsklassen moderat forsuret. I 1999 hadde innsjøen 5 følsomme taksa hvor døgnfluene indikerte liten forsuringsskade, en forbedring på en tilstandsklasse. I 2003 hadde denne innsjøen 9 følsomme taksa med blant annet flere døgnfluer som indikerer liten forsuringsskade. I den samme regionen ligger Lille Hovvatn som har vært undersøkt over 14 år (referanse til det kalkede Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert småmuslinger og døgnfluen *Siphonurus* sp. Begge taksaene har blitt tallrik i S. Hovvatn etter kalking, mens de ikke er gjenfunnet de siste årene i Lille Hovvatn. Dette indikerer at en mulig bedring rett før århundreskiftet har stanset med mulige tilbakeslag for faunaen. Det er derfor ingen stabil bedring i de mest sure lokalitetene, mens tidligere moderat forsurrede sjøer synes å ha en mer stabil forbedring.

Saudlandsvatn som ligger i region V har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende området har økt fra lite følsomme småmuslinger (tidlig på åttitallet) til forekomst av flere moderat følsomme insekter på slutten av nittitallet. Både antall taksa og individer har økt etter 2000. I 2003 ble også den svært følsomme døgnfluen *B. rhodani* for første gang registrert i innløpet til Saudlandsvatn, dvs. en tydelig

indikasjon på at forholdene bedrer seg. Vårfluen *H. siltalai* er et eksempel på en følsom art som forsvant tidlig på åttitallet og kom tilbake i siste halvdel av nittitallet i bekkelokaltiteter nær Saudlandsvatn (**Figur 19**). Forbedringen er sammenfallende med den generelle bedringen i vannkvalitet for området.



**Figur 19.** Forekomst av *H. siltalai* i Saudlandsvatn (Farsund) i perioden 1981-2003.

**Figure 19.** Incidence of *H. siltalai* in Saudlandsvatn (Farsund) in the period 1981-2003.

I region VI har utløpselva fra Røyrvatn og Flotavatn inngått i overvåkingen siden 1982. Røyrvatn har indikert markert til sterk forurensning i mesteparten av perioden uten noen klar trend. Situasjonen i 2003 indikerte imidlertid en endring i positiv retning. Flotvatn hadde sporadisk forekomst av moderat følsomme taksa i starten på overvåkingen. Disse var helt borte fra lokaliteten i perioden 1989 til 1996. Deretter har de vært til stede i alle år unntatt 1998. I 2001 ble også *B. rhodani* registrert for første gang i utløpselva noe som understreker at det er en bedringen på gang i regionen (se også resultater fra overvåking av vassdragene).

I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forurensningsskadet i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat forurensningsfølsomme taksa. Disse var imidlertid borte fra prøvene i 2000, men funnet på ny i 2001, 2002 og 2003. Dette indikerer ustabil vannkjemi, men at det er en positiv tendens i utviklingen og at følsom fauna etter hvert er mer permanent til stede. Nystølvatn som viste en negativ utvikling i 2000 og 2001 fikk en tydelig positiv endring i 2002, en tilstand som var opprettholdt i 2003.

### 3.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2003 registrert 62 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 38 arter vannlopper (Cladocera) og 24 arter hoppekreps (Copepoda). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forsurening. Eksempler på forsuringsfølsomme arter er *Daphnia longiremis*, *D. longispina*, *Eucyclops macrurus* og *E. speratus*. Arter innen slekten *Daphnia* spp. har en sentral funksjon som surhetsindikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner artene å opptre med avtagende frekvens og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,4.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte mellom 9 og 37. Antall arter i en lokalitet er avhengig av vannkvaliteten, geografisk beliggenhet, klimaforhold og biologiske forhold for øvrig. Ser man alle lokalitetene under ett er det ingen god samvariasjon mellom pH, eller andre forsuringsrelaterte vannkjemiske parametre, og total artsrikdom. Lavest artsrikdom finnes imidlertid i sure lokaliteter og da spesielt i kombinasjon med ugunstige klimatiske forhold (kort vekstsesong og lave sommertemperaturer), og hvor innholdet av TOC er lavt. I de mest forsurede lokalitetene vil det være få forsureningsensitive arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsurening, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longispina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) vil dermed ofte kunne endres med endringer i forsureningssituasjonen.

Fordi forekomsten av mange av de forsureningsensitive artene også er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) finnes det også uforsurede innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsureningsensitive arter og dominans av arter som er karakteristisk for furede lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsurede krepsdyrsamfunnet er.

#### Østlandet - Nord (region I)

Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen er region I angitt som markert furede (klasse 3). Skadeomfanget varierer betydelig og innsjøene i regionen er klassifisert som ubetydelig/moderat furede til sterkt furede. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en lite furede referansesjø med kun små år til år variasjoner mens Stortjørna (Engerdal) er moderat furede og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Resultatene gir ingen indikasjoner om endringer i forsureningsstatus.

#### Østlandet - Sør (region II)

Region II ble undersøkt i 1998 og på nytt i 2002. Antall arter var hhv. 50 (12 sjøer) og 60 (11 sjøer). Totalt er det registrert 65 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2003. Basert på en samlet vurdering av krepsdyrfaunaen er region II klassifisert som markert til sterkt furede (klasse 3-4). Status for enkeltlokaliteter varierer fra moderat til meget sterkt furede. Antall arter og andel forsureningsensitive arter var høyere i 2002 sammenlignet med 1998 for de fleste av lokalitetene. Vannloppen *Alona karelica*, som tidligere ikke er funnet i overvåkingssjøene og som anses som moderat forsureningsfølsom, ble registrert i tre av



innsjøene i 2002. Samtidig utgjorde den forsuretolerante vannloppen *Alona rustica* en større andel i 2002 for mange av innsjøene. Tilsvarende er også registrert for andre innsjøer på Østlandet (Bjørn Walseng, pers.medd.). Det blir imidlertid antatt at denne endringen skyldes andre forhold enn forsuring. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer i 2002 kan ha vært en medvirkende faktor. For fire av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra fem til åtte år i løpet av perioden 1996-2003. I Bredtjenn (Aremark), en av de mest forsuringsskadete innsjøene i denne regionen, ble det i 2002, for første gang registrert *Cyclops scutifer*. Forekomst av denne svært vanlige men noe forsuringfølsomme arten kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forsuringfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere i 2003 sammenlignet med perioden 1998-2002 og på samme nivå som i 1977. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har også økt i løpet av overvåkingsperioden og utgjorde en betydelig andel av planktonet i Langtjern i 2003. I Langvatn (Oslo) har antall forsuringfølsomme arter økt, men mengden av disse er fremdeles svært lav. Til sammen indikerer disse resultatene at en gradvis bedring av vannkvaliteten nå følges av en svak, men positiv utvikling i krepsdyrfaunaen. For Øvre Jerpetjern (Notodden) er det ingen generelle endringer i krepsdyrfaunaen i undersøkelsesperioden.

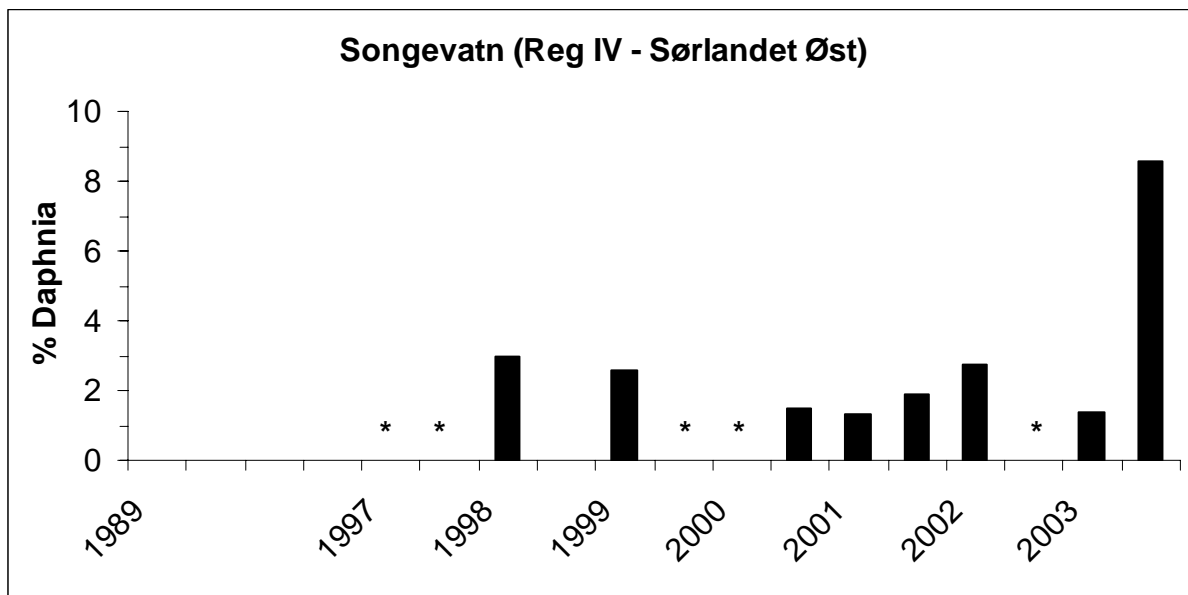
### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

Region III ble undersøkt i 2000 og det ble her registrert 33 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 høyfjellslokaliteter. Samlet er region III vurdert som moderat til markert forsuret (klasse 2-3) basert på krepsdyrsamfunnene. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt forsuret. Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2003. I Heddersvatn (Hjartdal), som i tillegg ble undersøkt i 1978, ble *Cyclops scutifer* registrert for første gang i 1999 og er funnet i alle de påfølgende årene. Det ser ut til at arten gradvis har erstattet den mer forsuringstolerante *Acanthocyclops vernalis* og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Rondvatn synes å være naturlig artsfattig pga. dårlig utviklet litoralsone samt lave ione-konsentrasjoner. Kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er registrert. Fire av lokalitetene i Kvennavassdraget (Hardangervidda) ble undersøkt i 1978 og 1995 i tillegg til 2000. Innsjøene vurderes ikke som forsuringsskadet og forskjeller i krepsdyrfaunaen mellom 1978 og 1995/2000 skyldes høyst sannsynlig variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel klima.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

Region IV ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 55 (10 sjøer) og 53 (9 sjøer). Totalt er det registrert 60 arter i region IV i perioden 1996-2003. Samlet er region IV vurdert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som ubetydelig/moderat til meget sterkt forsuret. Fra syv av lokalitetene fins det krepsdyrdata fra flere år siden overvåkingen startet i 1996. År til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er liten og indikerer ingen generell endring i forsuringssituasjonen. Sognevatn (Songdalen) ble i tillegg undersøkt i 1989. Andelen forsuringfølsomme krepsdyrarter er mer enn fordoblet i 1997-2003 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet har økt i de senere årene, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997 (**Figur 20**). Data-grunnlaget fra 1989 er imidlertid noe mangelfullt. To av de øvrige innsjøene er også undersøkt

tidligere, hhv. i 1978 og 1987. Disse viser en svak positiv endring i krepsdyrfaunaen i 1999 og 2003 sammenlignet med tidligere undersøkelser. I Risvatn har andelen *Daphnia longispina* i planktonet økt. I Sandvatn har andelen forurensningssensitive arter økt men daphnier er så langt ikke registrert. For de øvrige innsjøene er det ingen generell endring.



**Figur 20.** Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Sognevatn (Sørlandet - Øst) i 1989-2003. \* <1,0 %. Merk: I 1989 kan manglende funn av *D. longispina* ha metodiske årsaker (kun littorale prøver).

**Figure 20.** Relative abundance (% of total numbers) of the Cladoceran *Daphnia longispina* recorded in Sognevatn (south coast of Norway – eastern part) in 1989-2003. \* <1.0 %. Note: missing records of *D. longispina* in 1989 may be due to the sampling methodology (only littoral samples were taken).

### Sørlandet - Vest (region V)

Region V ble undersøkt i 1997 og på nytt i 2001. Totalt er det registrert 54 arter (14 innsjøer) i region V basert på overvåkingen i perioden 1996-2003. Region V er samlet vurdert som sterkt forurenet (klasse 4) basert på krepsdyrfaunaen. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som moderat/markert til meget sterkt forurenet. Fra åtte av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra både 1997 og 2001 og alle innsjøene som er undersøkt begge år, med unntak av Ljosvatn (Sokndal), viser en økning i totalt antall arter. Økningen gjelder i like stor grad forurensningstolerante som forurensningsfølsomme arter men kan være et første tegn på bedring i forurensningssituasjonen i denne regionen. Tre av innsjøene i region V blir undersøkt årlig. I Saudlandsvatn (Farsund) ble det i 2002, for første gang, funnet individer av *Daphnia longispina* i planktonet. Arten ble også funnet i 2003 og sammen med funn av hvileegg i toppsedimentet bekreftes inntrykket av at denne forurensningsfølsomme arten er i ferd med å reetablere seg i innsjøen. For de to andre sjøene som undersøkes årlig gir resultatene så langt ingen indikasjoner på reduserte forurensningsskader. I Lomstjørni (Bjerkreim), som i alle år har hatt en relativt høy andel forurensningsfølsomme arter, har andelen gått ned de siste to årene.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

Region VI ble undersøkt i 2000 og totalt ble det registrert 32 arter av krepsdyr (7 innsjøer). Innsjøene er klassifisert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen og dette gjelder også for regionen samlet. Kun en av lokalitetene i region VI (Røyrvatn i Vindafjord) blir undersøkt årlig. Sammenlignet med tidligere år er det ingen endring i forsurenings situasjonen i 2003. I forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 ble det imidlertid registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva og dette tyder på at arten fins i lave tettheter i planktonet og evt. er i ferd med å reetablere seg i innsjøen. En av lokalitetene (Litlevikvatn i Hjelmeland) ble undersøkt i 1992 og 1997 i tillegg til 2000. Materialet gir ingen indikasjon på endringer i skadeomfanget i denne perioden.

### **Vestlandet - Nord (region VII)**

Region VII ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 35 (12 sjøer) og 31 (7 sjøer). Totalt er det registrert 44 krepsdyrarter i region VII basert på overvåkingen i perioden 1996-2003. Samlet er region VII vurdert som markert forsuret (klasse 3). Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt/meget sterkt forsuret. Det er sannsynlig at forsurenings situasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata. I Markusdalsvatn (Masfjorden) er det registrert lave tettheter av den svakt forsureningsfølsomme hoppekrepsen *Cyclops scutifer* de to siste årene. Tidligere er arten kun funnet med noen få individer ved en anledning. For øvrig viser innsjøene relativt store år til år variasjoner mhp. krepsdyrfaunaen, men resultatene indikerer ingen generell trend når det gjelder forureningsskader i region VII.

### **Midt-Norge (region VIII)**

Region VIII ble undersøkt i 2001 og det fins krepsdyrdata fra 10 innsjøer. Totalt ble det registrert 42 arter. Innsjøene i region VIII er alle næringsfattige med lave kalsium-konsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca/L) og regionen er vurdert å være lite påvirket av sur nedbør. Andel forureningsfølsomme arter var generelt høyt og lå i snitt på 30% for regionen. Lavest andel forureningsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer. Region VIII er samlet vurdert som ubetydelig til moderat forsuret (klasse 1-2) basert på krepsdyrfaunaen. Klassifisering av den enkelte innsjø varierer fra ubetydelig til sterkt forsuret. Det er sannsynlig at forureningssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). Årlige undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Songsjøen har vært relativt grundig undersøkt i perioden 1991-97 og det er her funnet 22 arter i tillegg til de registreringene som ble gjort i 2001. I de fleste innsjøer vil mange arter opptre i så lave tettheter at de ikke fanges opp ved vanlig overvåkingsmetodikk. Noen arter blir dessuten kun registrert i enkelte år uten at de klarer å etablere en fast bestand i innsjøen. År til år variasjoner i artsantall og -sammensetning forventes derfor å være større for en uforsuret referansesjø enn for en forsuret innsjø.

### **Nord-Norge (region IX)**

Region IX ble undersøkt i 1999. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepsdyr (6 innsjøer). Region IX er samlet vurdert som moderat forureningsskadet (klasse 2) basert på krepsdyrfaunaen. Situasjonen i de undersøkte innsjøene varierte fra ubetydelig/moderat til sterkt forureningsskadet. Det er sannsynlig at forureningssituasjonen i

enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). En lokalitet (Kapervatn i Tranøy) er undersøkt årlig siden 1999. Krepsdyrfaunanen er artsfattig med dominans av forsurede arter. Artsinventaret varierer lite mellom år men det er registrert relativt store variasjoner i dominansforhold.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Region X ble undersøkt i 2000. Totalt ble det registrert 31 arter (6 innsjøer). Samlet er region X vurdert som markert forsuret (klasse 3) basert på krepsdyrfaunaen. Innsjøene er klassifisert som moderat/markert til sterkt forsuret. Store Skardvatn ble i tillegg til undersøkelsene i 2000 også undersøkt i perioden 1991-1996. Litorale krepsdyr ble imidlertid først inkludert fra 1995. I St. Skardvatn er andelen av følsomme arter samt prosentvis forekomst av daphnier i planktonet noe redusert i 2000 sammenlignet med tidligere undersøkelser. Datagrunnlaget er imidlertid for dårlig til å kunne si noe sikkert om utvikling i forurensningssituasjonen basert på krepsdyrfaunaen alene. Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det data fra de fleste år i perioden 1991-2003. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten. Andelen av den forurensningssensitive *Daphnia longiremis* i planktonet synes imidlertid å øke.

### **Trender**

Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2003 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer); 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. For et flertall av innsjøene ble det registrert flest arter i 1999. Det er imidlertid en relativt dårlig samvariasjon mellom artsantall og pH for de enkelte innsjøene. Variasjoner i artsrikdom kan skyldes variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel år til år variasjoner i klima. Fire – fem innsjøer som undersøkes årlig er uforsurede referansesjøer. Av de forsurede innsjøer viser ca halvparten enkelte indikasjoner på endringer i positiv retning. Disse endringene er foreløpig så små at de har ingen betydning for den samlede vurderingen av forurensningssituasjonen basert på krepsdyrfaunaen.

### **Palaeolimnologiske studier**

For samtlige Gruppe 1-sjøer (Atnsjøen, Øvre Jerpetjern, Bjorvatn, Lille Hovvatn, Saudlandsvatn, Ljosvatn, Røyrvatn, Markusdalsvatn, Nystølvatn og Svartdalsvatn) foreligger det sedimentprøver for å kunne rekonstruere krepsdyrfaunaen for perioden fra før forurensningen startet (ca. 1900) og fram til i dag. Forekomsten av skallrester av vannlopper og kamre for ephippier (hvileegg) hos daphnier er analysert fra ulike sjikt nedover i sedimentet. Alle sedimentsjikt er undersøkt med hensyn til forekomst av ephippier av *Daphnia*-arter (se tidligere årsrapporter) mens totalfaunaen av vannlopper er foreløpig undersøkt i topp- (0,5-1 cm) og bunnsjiktet. Resultatet av sistnevnte undersøkelse vil presenteres i kommende årsrapport.

I de forurensningsskadede innsjøene er andelen forurensningsfølsomme arter alltid større i de dypeste sjiktene, det vil si før forurensningen startet. Forholdet er omvendt i Atnsjøen, en uforsuret referansesjø, noe som skyldes at muligheten for å fange opp alle de tilstedeværende artene i sedimentprøvene avtar med sedimentenes alder. I innsjøene som er sterkt påvirket av forurensning mangler et stort antall forurensningsfølsomme arter i dagens krepsdyrfauna sammenlignet med faunaen før 1900.

*Daphnia*-ephipprier ble funnet i sedimentet i seks av Gruppe-1 sjøene. De eneste av lokalitetene som i dag har en bestand av *Daphnia longispina* er Atnsjøen og Svartdalsvatn, som begge anses som lite forurensningskadede. I Atnsjøen er tettheten av ephipprier stor i de øverste 5 cm av sedimentet mens forekomsten i de dypere sedimentlag er sparsom. I Svartdalsvatn forekommer ephipprierne svært fåtallig og tettheten av daphnier er også svært lav i planktonet, noe som er vanlig for mange næringsfattige fjellvann. I Saudlandsvatn har *Daphnia longispina* manglet de siste årene, men i 2002 og 2003 ble det igjen funnet noen få individer av arten i planktonprøvene. Tilsvarende ble det funnet et fåtall ephipprier i overflatelaget i sedimentet. Allerede i sjiktet 2-3 cm i sedimentet forekommer det et stort antall ephipprier noe som viser at arten var vanlig helt fram til omkring 1980-1990. Forekomsten har variert sterkt bakover i tid uten at vi kjenner årsaken til dette. Tilsvarende forhold finner vi også i Bjorvatn hvor *Daphnia longispina* forsvant på omtrent samme tid. I Øvre Jerpetjern, som synes å være noe mer forurensningskadede, forsvant *Daphnia*-bestanden allerede omkring 1950-tallet. I Ljosvatn finner vi de første ephipprierne av *Daphnia* først omkring 10 cm ned i sedimentet, og tettheten er generelt svært lav i alle sedimentsjikt. Daphniene forsvant antagelig fra Ljosvatn allerede tidlig i forurensningsfasen (begynnelsen av 1900-tallet), og forholdene har trolig alltid vært så ugunstige (naturlig surt vann med svært lavt kalsiuminnhold) at denne forurensningsfølsomme arten aldri har hatt en tett bestand i innsjøen.

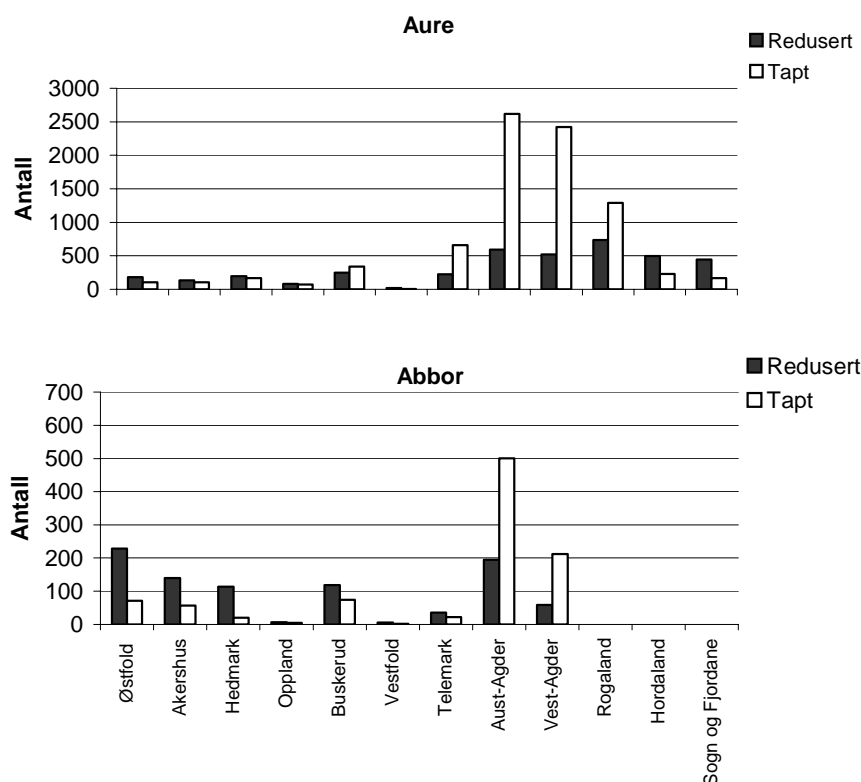
I Lille Hovvatn, Røyrvatn, Markusdalsvatn og Nystølvatn er det ikke registrert ephipprier av daphnier i noen av sedimentsjiktene, heller ikke i lag som representerer tiden før innsjøene ble forurenet. Innsjøene er svært ionefattige med kalsiumverdier på ca 0,25 mg L<sup>-1</sup> og har antagelig aldri hatt forekomster av de mest forurensningsfølsomme artene. Dyregeografiske forhold spiller antagelig også en rolle når det gjelder vannene på Vestlandet hvor arten er mer spredt forekommende. I Røyrvatn er imidlertid *Daphnia longispina* nylig påvist i utløpet av vannet i forbindelse med bunndyrundersøkelsene (G. Raddum pers. medd.).

### 3.2.3 Effekter på fisk

#### Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander

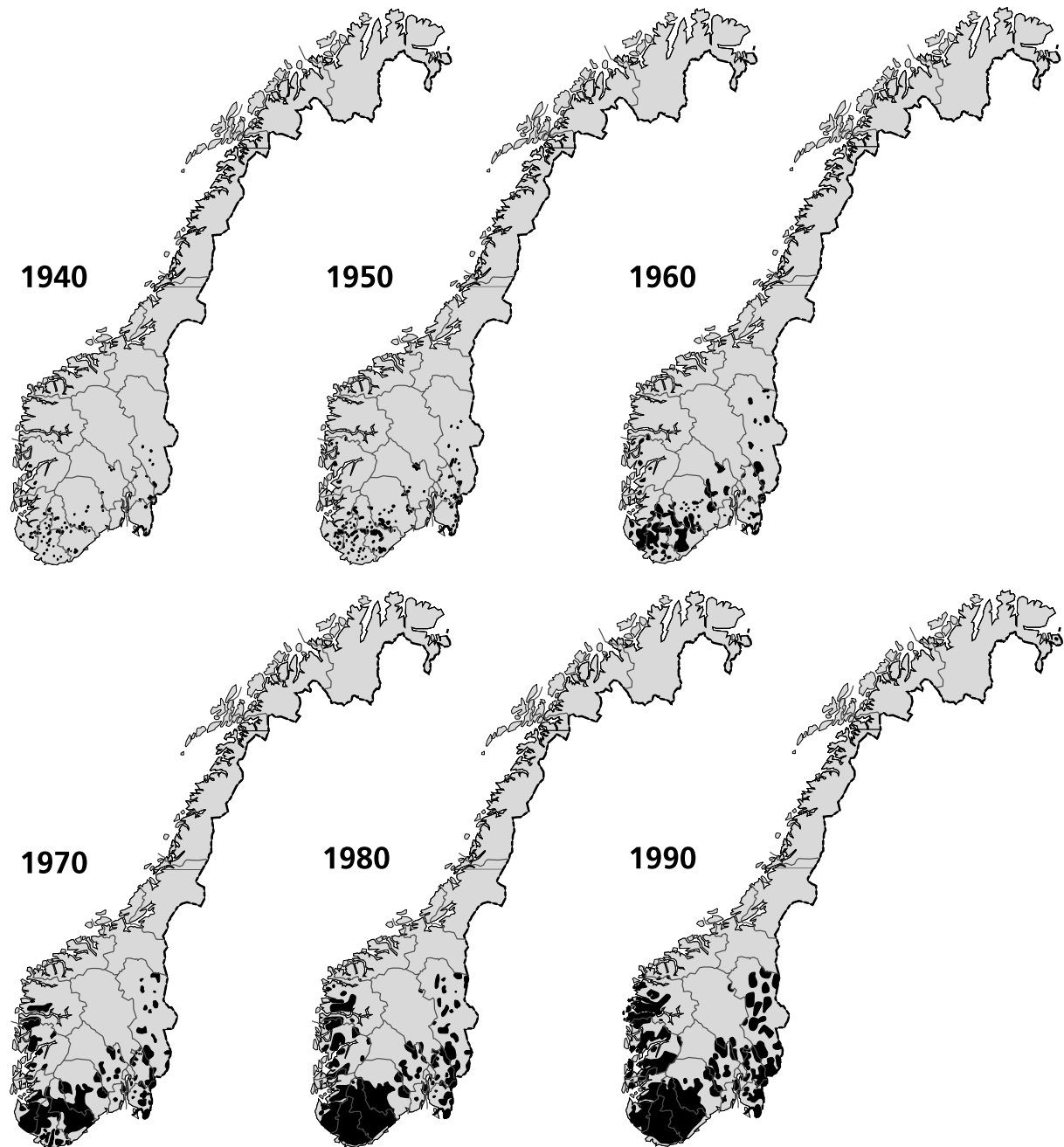
Beregninger viser at rundt 8200 aurebestander er tapt som følge forsurening her i landet. Skadene har vært størst i de to Agderfylkene, med til sammen rundt 5000 tapte aurebestander (**Figur 21**). Også i Telemark og Rogaland har tapene vært omfattende, med henholdsvis nærmere 700 og 1300 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4000 bestander. I tillegg til Agderfylkene, med over 1100 reduserte bestander, har Rogaland et betydelig antall skadede aurebestander (over 700). Videre er nærmere 1000 abborbestander tapt pga forsurening. Disse ligger hovedsakelig i Aust-Agder (500) og Vest-Agder (210), i tillegg til rundt 70 bestander i både Østfold og Buskerud (**Figur 21**). Nærmere 500 bestander av røye, mort, ørekyte og gjedde har også gått tapt pga forsurening, mens antall skadede bestander for disse fire artene er over 600. Forsuringsskader på fiskebestander ble spesielt tydelige på 1960/70-tallet, og på begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med tapte og skadede fiskebestander beregnet til rundt 84000 km<sup>2</sup> (**Figur 22**).

Disse tallene bygger på data som i hovedsak ble samlet fra slutten av 1980-tallet til tidlig på 1990-tallet, basert på innsjøer over 3 ha. Reetableringer og gjenhenting av bestander som skyldes bedret vannkvalitet gjennom kalking eller reduserte utslipp er ikke vurdert. I mange innsjøer har også bestander blitt reetablert og styrket pga. utsettinger. Fiskeskadene pr. idag er derfor mindre enn det de presenterte tallene viser.



**Figur 21.** Antall tapte og reduserte bestander av aure og abbor pga forsurening fordelt på enkelte fylker.

**Figure 21.** Numbers of lost and damaged populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



**Figur 22.** Utviklingen av arealer med tapte og skadede fiskebestander som skyldes forsuring fra 1940-tallet til 1990-tallet.

**Figure 22.** Development of areas with fish populations, damaged due to acidification, in Norway from 1940 to 1990.

### **Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer**

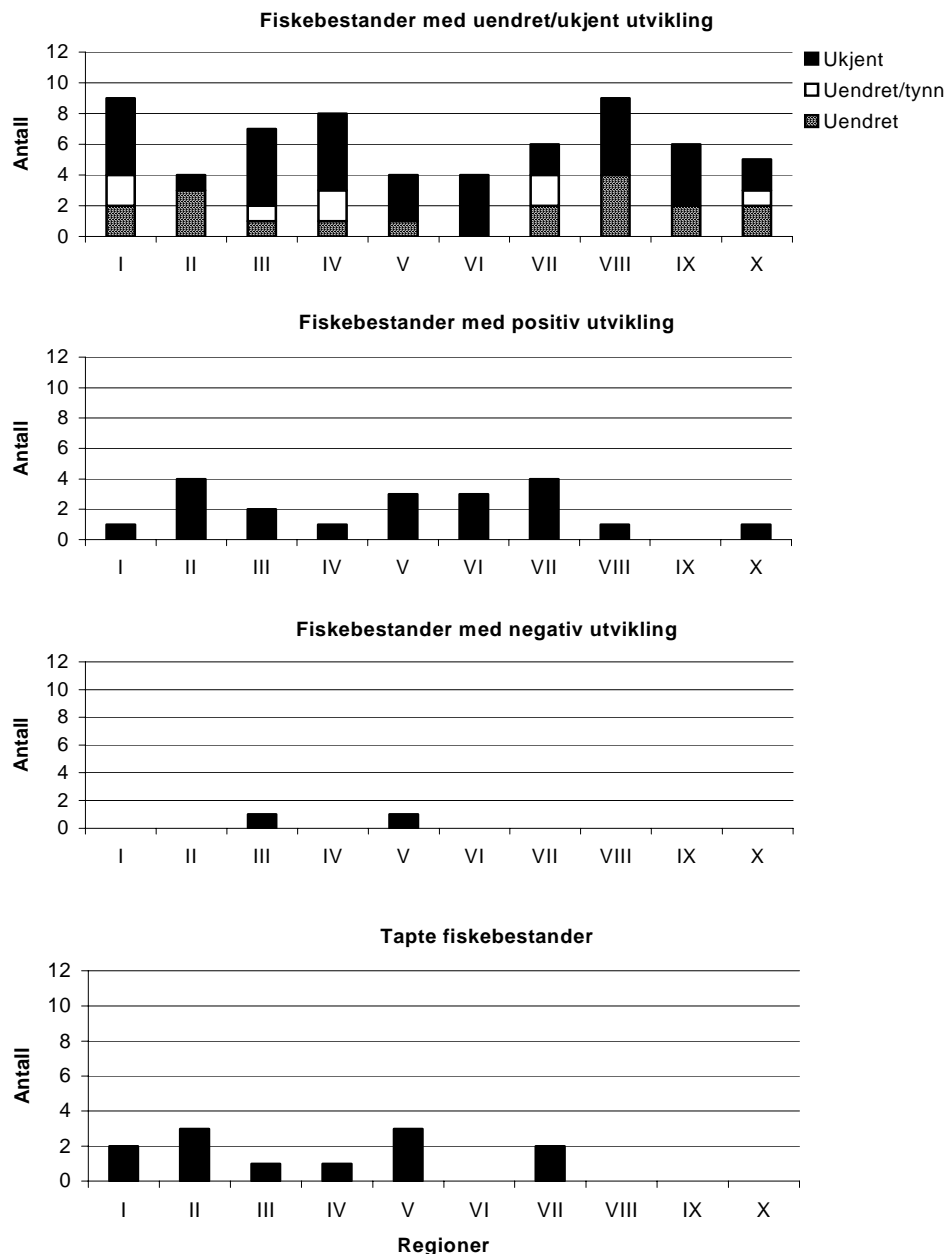
Hensikten med bestandsundersøkelser i innsjøer er å (i) dokumentere bestandseffekter forårsaket av forurensning, (ii) hvordan forurensningen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2003 ble 9 lokaliteter prøvfisket fordelt på fire regioner (region IV, V, VI og VII), samt Atnsjøen (Lok. I-1). Atnsjøen blir prøvfisket hvert år som en del av *Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann*.

Da den biologiske overvåkingen ble igangsatt tidlig på 1980-tallet, ble det prøvfisket med SNSF garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garna ble satt enkeltvis fra land, og dekte vanligvis dybdeintervallet fra 0-6 m. Tidlig på 1990-tallet ble det tatt i bruk oversiktsgarn (30 m x 1,5 m), med 12 ulike maskevidder fra 5 til 55 mm. Siden har det bare vært prøvfisket med oversiktsgarn. Disse garna settes på ulike standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i hver innsjø. For at vi kan sammenlikne fangstutbyttene på de to garnseriene, er det bare inkludert fisk som er tatt på 0-6 m dyp på maskeviddene 10-45 mm på oversiktsgarna. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal pr. ca 12 timers fiske (Cpue).

### **Østlandet – Nord (region I)**

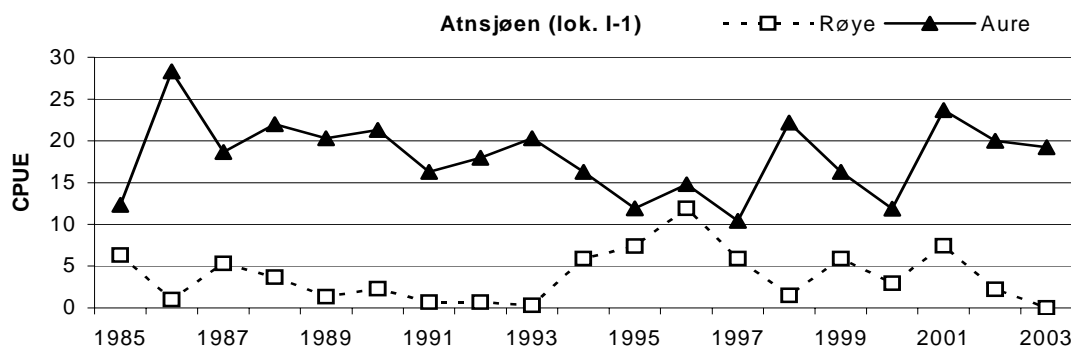
To av de undersøkte fiskebestandene i region I er henholdsvis tapt og uendret, mens det har vært en positiv utvikling i fangstutbyttet for én bestand (**Figur 23**). De fleste lokalitetene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, abbor, ørekyte og gjedde finnes i noen innsjøer. I 2003 ble det ikke prøvfisket i Region I, med unntak av Atnsjøen. Denne innsjøen blir prøvfisket hvert år som en del av *Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann*. Innsjøen har gode bestander av aure og røye og er i ubetydelig grad påvirket av forurensning. I perioden 1985-2003 har fangstutbyttet (Cpue= antall individ per 100 m<sup>2</sup> garnareal) for aure i bunnære områder (0-12 m dyp) av Atnsjøen variert mellom 10-28 individ, mens det for røye har variert mellom 0-12 individ (**Figur 24**). Fangstene av røye i dypere områder av sjøen (12-35 m) er for øvrig større enn på grunnere områder, og viste en klar positiv utvikling fram til 2001. De to siste årene har det vært en nedgang i fangstutbyttet av røye, mens det har økt noe for aure.





**Figur 23.** Antall fiskebestander som er uendret, uendret/tynn, positiv eller negativ utvikling eller tapt i ulike regioner. Kategorien "ukjente" er lokaliteter som ikke er prøvefisket eller som bare har vært undersøkt én gang, mens uendret/tynn bestand har et fangstutbytte på 5 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue). Fiskebestander med negativ utvikling har hatt en nedgang i fangstutbyttet på 5 individ (Cpue).

**Figure 23.** Frequencies of fish populations with unchanged, positive or negative development and lost populations in different regions. The category "Ukjent" includes lakes which have been test fished either once or not test fished at all, while the category "uendret/tynn" includes Cpue 5 individuals per 100 m<sup>2</sup> of net area.



**Figur 24.** Fangst av aure og røye pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-12 m dyp) av Atnsjøen (Lok I-1) i perioden 1985-2003.

**Figure 24.** Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen between 1985 and 2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 12 metres.

#### Østlandet – Sør (region II)

Det har vært en positiv utvikling i fire av de undersøkte lokalitetene i region II, mens tre bestander enten er tapt eller uendret (**Figur 23**). De fleste lokalitetene i denne regionen har eller har hatt bestander av abbor, mens aure og røye finnes i enkelte av de utvalgte innsjøene. Det ble ikke prøv fisket i denne regionen i 2003. Tidligere undersøkelser tyder imidlertid på en positiv utvikling hos abbor, mens bestandene av aure og røye har avtatt. Noen av abborbestandene i denne regionen har helt fra starten av undersøkelsen blitt karakterisert som tette. Fangstutbyttet hos disse bestandene har imidlertid økt kraftig og blir derfor gruppert i kategorien positiv utvikling (**Figur 23**). Årsaken til det lave fangstutbyttet av aure og røye i noen av de undersøkte lokalitetene kan enten skyldes konkurranse fra en voksende abborbestand eller at vannkvaliteten fremdeles er marginal. Forsuringssituasjonen i denne regionen er fortsatt alvorlig for fisk, idet tre av 11 abborbestander er tapt (**Figur 23**).

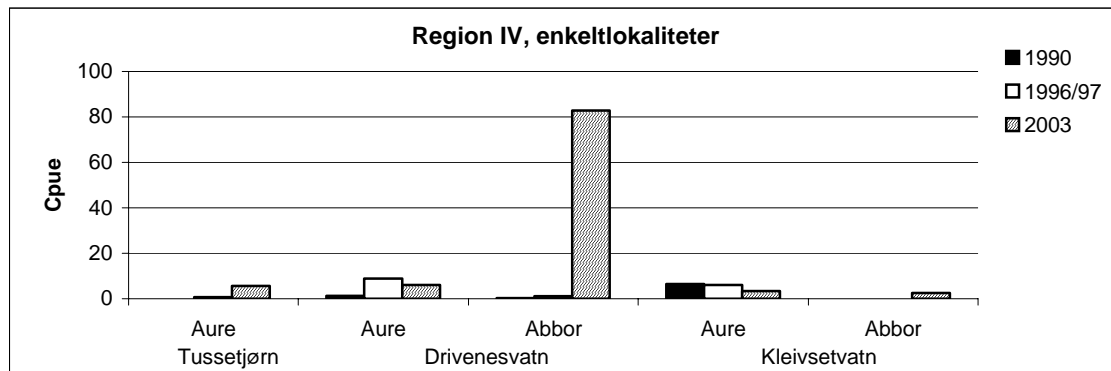
#### Fjellregionen – Sør-Norge (region III)

Det ble ikke prøv fisket i region III i 2003. Alle de undersøkte innsjøene i denne regionen ligger over 1000 m o.h. og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette bestander av aure og/eller røye. Det har vært en positiv utvikling i to av de undersøkte fiskebestandene, mens én har utviklet seg negativt og én har gått tapt (**Figur 23**). Forurensningsbelastningen i denne regionen er forholdsvis lav, men ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy pga. et lavt innhold av basekationer. Bestandstettheten hos fisk forventes derfor ikke å være spesielt høy, og en kan heller ikke forvente særlige økninger i fangstutbyttet.

#### Sørlandet – Øst (region IV)

I region IV ble det prøv fisket i tre lokaliteter i 2003 (Lok. IV-1, IV-8 og IV-10). Fire av i alt 10 lokaliteter i denne regionen er foreløpig bare undersøkt én gang mht fisk. To av disse lokalitetene har forholdsvis tynne aurebestander, mens to hadde tette bestander av abbor. Blant bestandene i de andre lokalitetene i denne regionen har det vært en positiv utvikling i én bestand, mens én lokalitet har tapte fiskebestander (**Figur 23**). I Tussetjørn (Lok. IV-1) har det vært en økning i fangstutbyttet av aure, men bestanden er fremdeles tynn (**Figur 25**). Både

Drivenesvatn (Lok. IV-8) og Kleivsetvatn (Lok. IV-10) har forholdsvis tynne aurebestander og fangstutbyttet har ligget på et lavt nivå i hele undersøkelsesperioden. I Drivenesvatn har det imidlertid abborbestanden økt kraftig siden 1997, mens abborbestanden i Kleivsetvatn fremdeles er tynn.

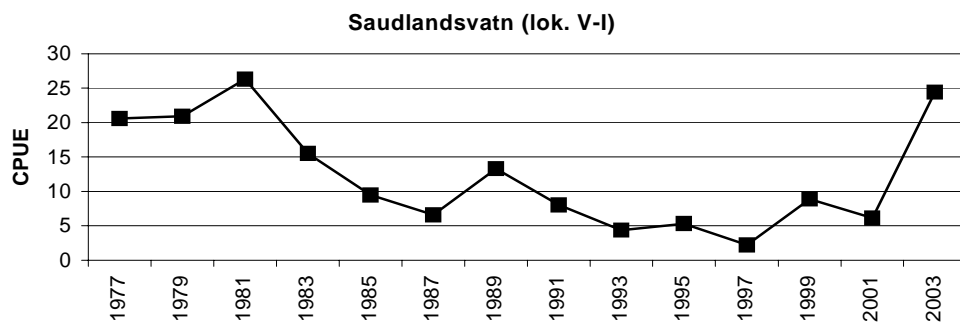


**Figur 25.** Fangst av aure i Tussetjørn (Lok IV-1) og av aure og abbor i Drivenesvatn (Lok. IV-8) og Kleivsetvatn (Lok. IV-10) pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) i perioden 1990-2003.

**Figure 25.** Catches of brown trout in Lake Tussetjørn (Lok. IV-1) and of brown trout and perch in lakes Drivenesvatn (Lok. IV-8) and Kleivsetvatn (Lok. IV-10) in different periods between 1990 and 2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Sørlandet – Vest (region V)

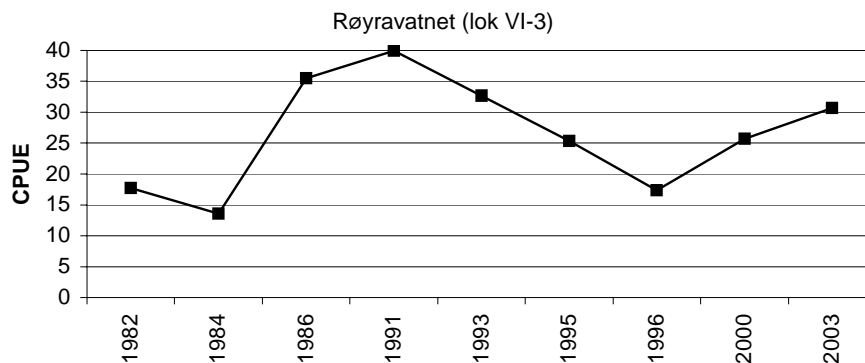
I region V har ikke fiskebestandene hatt noen klare endringer (**Figur 23**). De som har vært undersøkt mer enn én gang har hatt denne utviklingen: én uendret, tre med positiv utvikling, én med negativ utvikling og tre har gått tapt. Regionale intervjuundersøkelser har vist at Sørlandet har flest tapte fiskebestander, samt at det har vært en merkbar reduksjon i mange bestander (**Figur 21** og **Figur 22**). Av de undersøkte fiskebestandene med økt fangstutbytte, karakteriseres én av aurebestandene fortsatt som tynn (Cpue = 6), mens én bestand har gått fra middels tett (Cpue=14) til forholdsvis tett (Cpue=31). Aurebestanden i Saudlandsvatn, som har vært undersøkt annet hvert år siden 1977, ble kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet (**Figur 26**). Seinere gikk fangstutbyttet ned og holdt seg på et lavt nivå fram til og med 2001. Fram til 2003 har aurebestanden i natnet økt kraftig og fangstutbyttet er det høyeste som er registrert siden 1981. Elfiske på inn- og utløpet av Saudlandsvatn tyder også på at bestanden er i en positiv utvikling.



**Figur 26.** Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i Saudlandsvatn i perioden 1977-2003.  
**Figure 26.** Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn, 1977-2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Vestlandet – Sør (region VI)

Alle fiskebestander i region VI som har vært undersøkt mer enn én gang, har hatt en positiv utvikling (**Figur 23**). I 2003 ble én lokalitet (Lok. VI-3) i regionen prøvefisket. Fangstutbyttet av aure i Røyrvatnet var lavest på begynnelsen av 1980-tallet, og etter en topp i 1991 har fangstene avtatt til samme nivå som på 1980-tallet (**Figur 27**). I likhet med to andre lokaliteter i denne regionen økte bestandstettheten i perioden 1996-2000. Den positive utviklingen i Røyrvatnet har fortsatt fram til 2003.

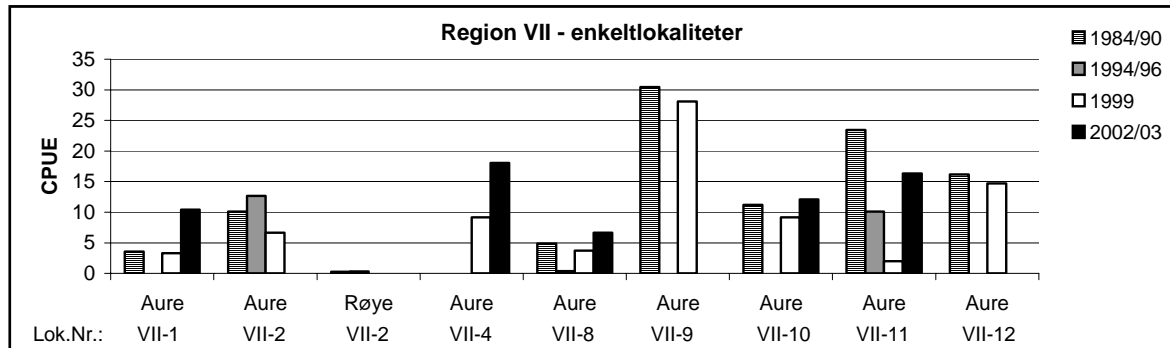


**Figur 27.** Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i Røyrvatnet i perioden 1982-2003.  
**Figure 27.** Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Røyrvatnet between 1982 and 2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Vestlandet – Nord (region VII)

En tredjedel av fiskebestandene i region VII som har vært undersøkt mer enn én gang, har hatt en positiv utvikling i løpet av de siste fire årene (**Figur 23**). Resultatene fra 2003 viste økt fangstutbytte av aure i alle de undersøkte innsjøene (**Figur 28**). To av lokalitetene i denne regionen har imidlertid tapte aurebestander. Av aurebestandene med uendret status karakteriseres to fremdeles som tynne (Lok VII-2 (Storavatn) og VII-8 (Nystølvatn), mens to

er under middels tette (Lok. VII-1 (Oddmundalsvatn) og VII-10 (Holmvatn)) (**Figur 28**). I begge de to sistnevnte innsjøene har aurebestandene utviklet seg fra tynne til under middels tette i løpet av undersøkelsesperioden.



**Figur 28.** Fangst av aure i Oddmundalsvatn (Lok. VII-1), Markusdalsvatn (Lok. VII-4), Nystølvatn (Lok. VII-8), Skardsvatn (Lok. VII-9), Holmvatn (Lok. VII-10), Mevatn (Lok. VII-11) og Movatn (Lok. VII-12), og av aure og røye i Storavatn (Lok. VII-2) i ulike perioder (1984-2003). Fangstene er uttrykt som antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp).

**Figure 28.** Catches of brown trout in lakes Oddmundalsvatn (Lok. VII-1), Markusdalsvatn (Lok. VII-4), Nystølvatn (Lok. VII-8), Skardsvatn (Lok. VII-9), Holmvatn (Lok. VII-10), Mevatn (Lok. VII-11) and Movatn (Lok. VII-12), and of brown trout and Arctic charr in Storavatn (Lok. VII-2), in different periods between 1984 and 2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Midt – Norge (region VIII)

De fleste fiskebestandene i region VIII som har vært undersøkt mer enn én gang, har uendret status, mens én har utviklet seg positivt (**Figur 23**). De fleste aurebestandene med uendret status er noe under middels tette, dvs. med et fangstutbytte på 10-15 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue). To av disse lokalitetene ligger imidlertid over 1000 m o.h., og forventet fangstutbytte i slike høyfjellssjøer er trolig ikke særlig høyere.

### Nord-Norge (region IX)

I region IX er kun fire lokaliteter prøvefisket, og bare to av disse har vært undersøkt mer enn én gang (**Figur 23**). Aure finnes i tre av lokalitetene, mens den fjerde har en middels tett røyebestand og tynne bestander av ørekyte og lake. I de to innsjøene med data fra mer enn ett år har det ikke vært noen særlige endringer i fangstutbyttet av aure.

### Øst-Finnmark (region X)

De fleste undersøkte lokalitetene i region X har forholdsvis tette bestander av røye, mens aurebestandene er relativt tynne. I Otervatn (Lok. X-2) er aure eneste fiskeart, og her har fangstutbyttet økt fra 5 til 10 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) fra 1987 til 2000. Forurensningsbelastningen i dette området viser store årlige variasjoner, og dette sammen med dårlige gyteforhold for auren i enkelte lokaliteter, er sannsynlige årsaker til forholdsvis tynne bestander.

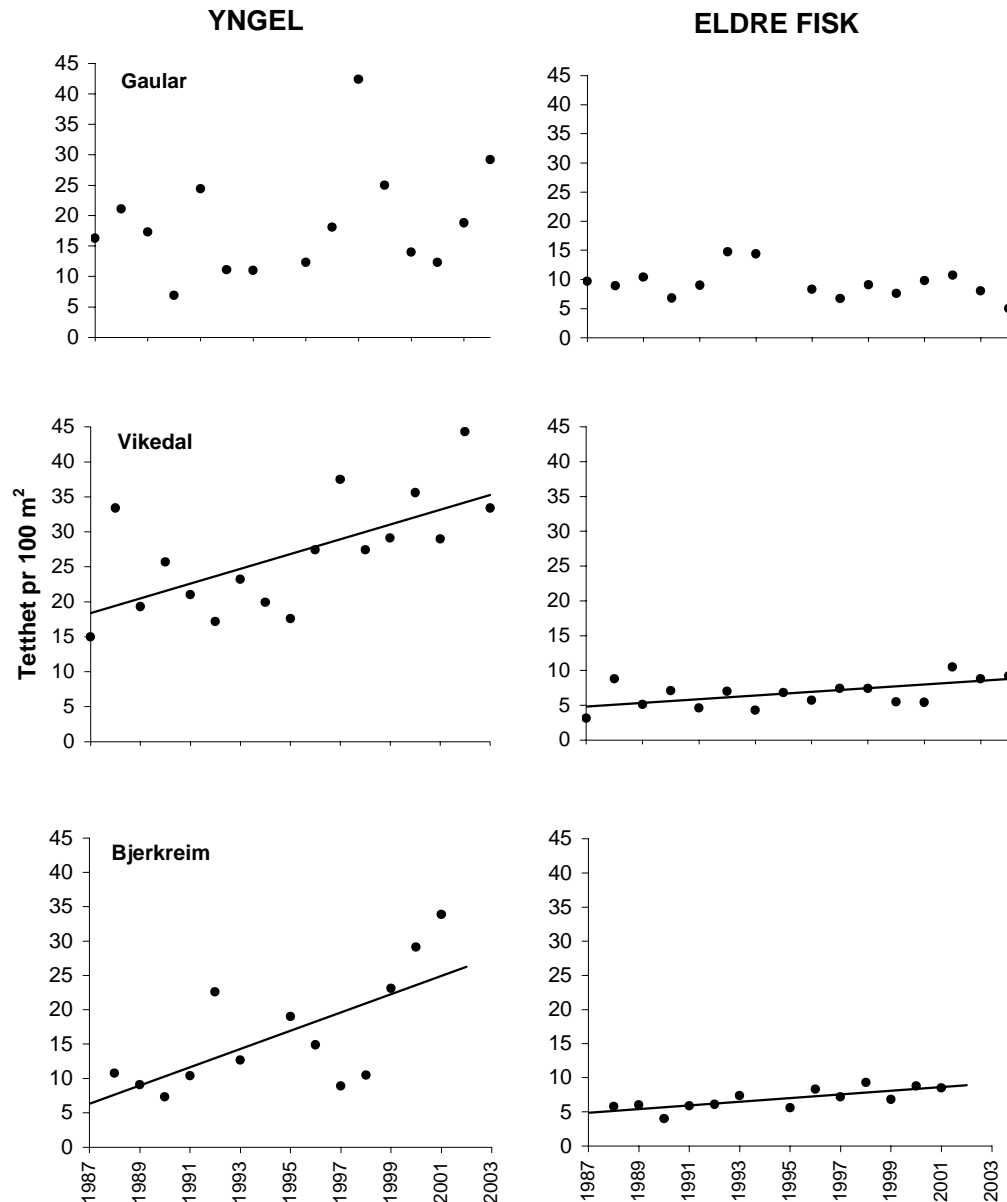
### Rekrutteringen hos aure i bekker

Hensikten med ungfiskregistreringer av aure i rennende vann er å påvise eventuelle endringer i rekrutteringen i områder med forsuringfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker rekrutteringen. Disse undersøkelsene viser om det skjer endringer i rekrutteringen hos aure, og dermed vil eventuelle bestandsendringer bli påvist på et tidlig stadium.

Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker, hvor yngelen oppholder seg i ei periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet har vist seg som vanligste årsak til reduksjon og eventuelle seinere tap av aurebestander i forsuringsområder. Dette resulterer i at mengden fisk i de innsjølevende bestandene avtar, samtidig som det blir en dominans av eldre og større individ. I 2003 ble det elfisket i 47 gytebekker til et utvalg innsjøer i vassdragene Gaular (Sogn og Fjordane) og Vikedal (Rogaland). De samme lokalitetene har vært undersøkt siden 1987/88. Fram til og med 2001 ble det også gjennomført slike undersøkelser i bekker i Bjerkreimsvassdraget. Alle disse tre vassdragene har en forsuringfølsom vannkvalitet, med påviste fiskeskader i flere innsjøer.

Faste strekninger i hver bekk blir avfisket med elektrisk fiskeapparat i tre påfølgende omganger. All fanget fisk blir lengdemålt, og etter endt fiske ble den satt tilbake i bekken. På basis av lengdefordelingen blir det skilt mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder  $\geq 1+$ ). Tettheten av fisk blir beregnet på bakgrunn av avtakende fangster, basert på samlet fangst i hvert vassdrag. Fra 1987-1992 ble hver bekk bare avfisket én gang, og for denne perioden ble fisketettheten beregnet ut fra gjennomsnittlig fangstsannsynlighet basert på tre omgangers elfiske for perioden 1993-2003. Tetthetstallene er justert i forhold til vannføringen under elfisket, som varierer fra år til år og påvirker fangsteffektiviteten. Det blir tatt vannprøver fra hver lokalitet i forbindelse med elfisket.

I bekker til innsjøer i Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling i tettheten av aureyngel, idet tid (år) forklarer 39 % av variasjonen i tettheten (**Figur 29**). Vannføringen bidro med ytterligere 14 %, slik at samlet forklarer de to faktorene 53 % av variasjonen i tettheten av yngel. Tettheten gikk noe ned i 2003 sammenliknet med ett år tidligere. I Vikedalsvassdraget har det også vært en signifikant økning i tettheten av eldre aureunger i løpet av forsøksperioden, og tid (år) forklarer 34 % av tetthetsvariasjonen. I bekker i Gaularvassdraget har det vært store årlige variasjoner i tettheten av aureunger siden undersøkelsen startet i 1987, og det har ikke vært noen signifikant bestandsøkning verken for yngel eller eldre individ. I innløp/utløp til Nystølsvatnet har det eksempelvis nesten ikke vært påvist yngel i løpet av de siste årene. I 2003 ble det imidlertid fanget én yngel på innløpet. Totalt sett har det likevel vært en tendens til økt tetthet av yngel i Gaularvassdraget i løpet av 1990-tallet. Bjerkreimsvassdraget hadde en positiv utvikling i tettheten av både yngel og eldre individ fram til 2001. Tid (år) forklarte henholdsvis 46 og 58 % av variasjonen i tettheten hos de to aldersgruppene.



**Figur 29.** Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> i bekker i vassdragene Gaular, Vikedal og Bjerkreim i perioden 1987/88-2003. I Bjerkreim er det ikke foretatt undersøkelser etter 2001. Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

**Figure 29.** Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of fry (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular and Vikedal catchments from 1987 to 2003 and in the Bjerkreim catchment from 1987 to 2001. Lines are given in cases of a positive statistical relationship between density and time (year). No studies were carried out in Bjerkreim in 2002 and 2003.

## 4. Det terrestriske miljøet

Overvåking av det terrestriske miljøet er en del av to av overvåkingsprogrammene. OPS belyser endringer i skog og skogøkosystemer og TOV belyser endringer i annen vegetasjon og fauna.

### Overvåking av skog

OPS har tre sett av permanente overvåkingsflater; Landsrepresentative flater, Intensive flater og Skogoppsynets flater (**Figur 30**). Overvåkingen startet på midten av 1980-tallet.

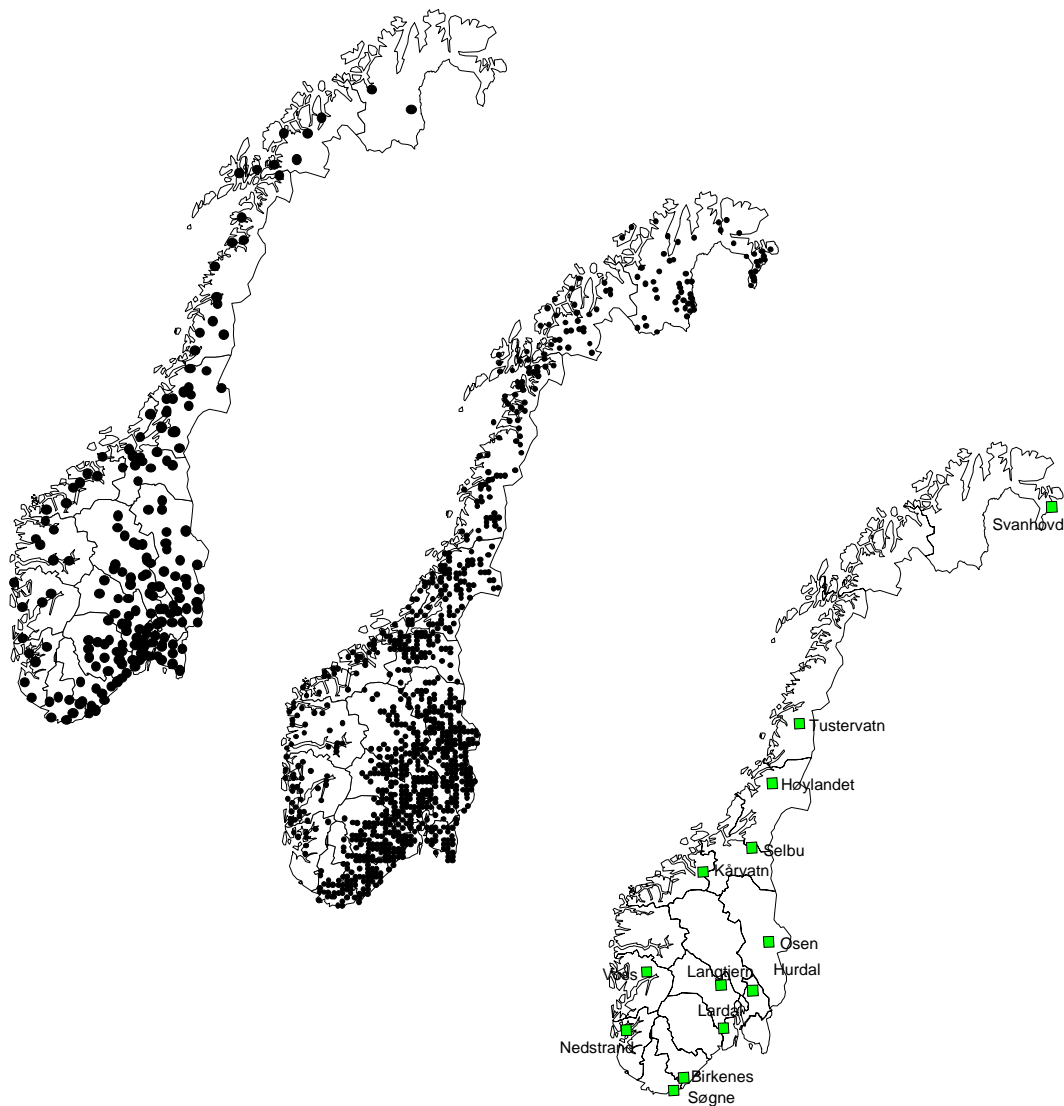
Fra 1989 til 2000 ble kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Registreringer i dette nettet ble delvis nedlagt før feltsesongen i 2001. Bjørk som stod på flater i et 18x18 km nett ble overvåket fra 1992 til og med 2001. Fra 2002 har den nasjonale overvåkingen av gran-, furu- og bjørkeskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefargen til prøvetrærne av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km). Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid.

Overvåkingen på **skogoppsynets flater** har pågått siden 1988, med skogoppsynet som observatører. På ca 600 flater utføres årlig kronebedømmelse på ca 35000 trær i fire typer produksjonsskog (hogstklasse 3, 4 og 5, samt i skrantende gammel skog).

**Intensivflatene** har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann inngår. På 13 flater i eldre barskog utføres detaljerte målinger av kjemisk innhold i nedbør, kronedrypp, jordvann og næringsinnhold i nåler. I tillegg vurderes trærnes kronetilstand og markvegetasjonens dekning. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning. I alle intensivflatene i OPS undersøkes jordvann i fra humussjiktet (5 cm dyp), øvre mineraljord (15 cm dyp) og nedre mineraljord (40 cm dyp) ved hjelp av lysimetre. For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå snart 20 år. I tillegg ble det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter.

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensive overvåkingsflatene** rapporteres til ICP Forests. Fra to intensivflater rapporteres også data til ICP IM. Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i håndboka som brukes av alle de deltagende landene i det internasjonale skogskadesamarbeidet (ICP Forests). Kronetetthet og kronefarge vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert barmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge hos bartrær angir graden (% misfarging) av gule, gulgrønne eller brune nåler i kronen og for bjørk ulike gulnyanser på bladene. Kroneregistreringen reflekterer påvirkningen av biotiske-, abiotiske- og antropogene stressfaktorer, kombinasjoner og gjensidige påvirkninger av disse på trekronene.





**Figur 30.** Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Fra høyre mot venstre er det vist skogoppsynets flater, landsrepresentative flater og intensiv flater.  
**Figure 30.** Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).

### Overvåking av markvegetasjon, epifyttiske vegetasjon og fauna

Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se **Figur 31**). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon.

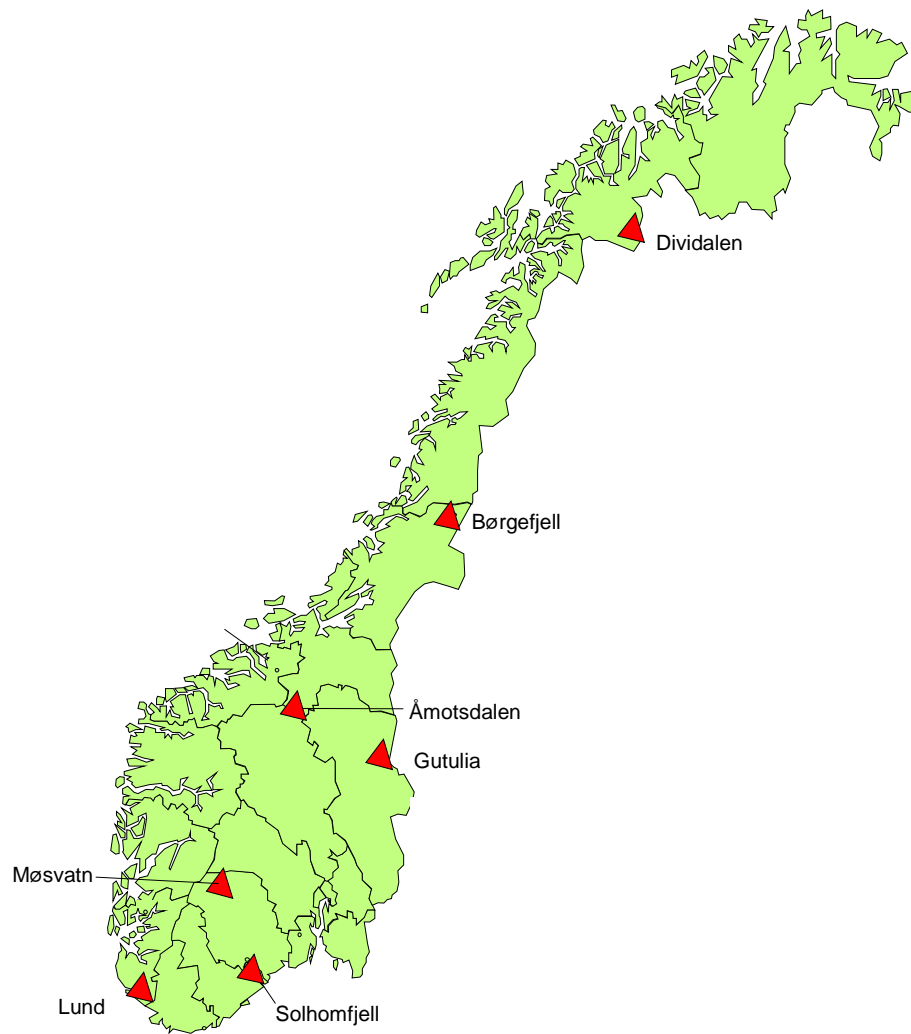
For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til samlerapporten DN (1997, kap. 3.1) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

Vegetasjonen utgjør basis for næringskjeder i terrestriske økosystemer og integrerer effekter av nedbørskjemi, jordbunnsforhold og lokalklima. De mange artene av karplanter, moser og lav har et bredt spekter av responser på variasjoner i naturgitte og menneskeskapt miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m<sup>2</sup> lagt ut i forhold til hovedgradienter i lokal miljøvariasjon (jordas surhet og innhold av næringsstoffer), der artsforekomster kvantifiseres som forekomst i 16 småruter à 625 cm<sup>2</sup>. I tilknytning til hver analyserute beskrives også tresjiktet, og det tas jordprøver for analyse av jordstruktur og -kjemi. Dataene analyseres ved hjelp av multivariate numeriske metoder (DCA, LNMDS o.a.) der strukturen i artsforekomstene relateres til miljøvariabler. Vegetasjonsundersøkelsene foregår med en rullerende frekvens på fem år for hvert område.

*Lav* er mye brukt som bioindikator på luftkvalitet, der tilbakegang av lavarter ofte kan knyttes til luftas innhold av svovelforbindelser eller til gjødslingseffekten av nitrogen. Sur nedbør påvirker også lavene indirekte gjennom forsuring av substratet. Lav har artsspesifikk reaksjon på ulike forurensningstyper. Forekomst og artssammensetning kan derfor gi et mål på luft- og nedbørkvaliteten i et område. I TOVs overvåkingsområder registreres tilstanden for epifyttisk vegetasjon (lav, moser, alger), ved kvantitativ karakterisering av artssammensetning, dekning og synlig skade på lav, på stammen av utvalgte trær (furu i Solhomfjell, bjørk i øvrige områder) i prøvefelt lagt ut i høydegradienter. Det blir også tatt prøver for kjemisk analyse (pH i bark, nitrogen og svovel i vanlig kvistlav). Registreringene foregår med en rullerende frekvens på fem år i hvert område.

*Spurvefugler* omfatter en rekke arter med ulike krav til habitat og næring. Som gruppe vil de kunne gi variert respons på ulike endringer i miljøet, inklusive forurensninger. Slike responser vil bl.a. kunne uttrykkes ved endringer i reproduksjon eller bestandsnivåer. I TOV-områdene undersøkes bl.a. endringer i hekkebestanden av spurvefugl ved hjelp av årlige takseringer i 200 faste punkter lagt ut i forhold til hovedgradienter i miljøforholdene i hvert overvåkingsområde. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2003).

*Rovfugler* befinner seg på toppen av næringskjedene, de integrerer miljøgifter fra et omfattende geografisk område, og de er ansett for å være følsomme for påvirkning fra forurensninger, f.eks. ved redusert reproduksjon. I TOV undersøkes tykkelsen av eggskall og nivået av klororganiske stoffer og tungmetaller i egg hos flere arter av rovfugl, basert på landsomfattende innsamlinger og periodevise analyser (rapporteres ikke i år). Dette er internasjonalt mye brukte indikatorer på hunnfuglenes belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. Mulige effekter av akkumulerte miljøgifter studeres også ved å følge bestandsutvikling og reproduksjonssuksess hos kongeørn og jaktfalk i noen av overvåkingsområdene. Minst 10 territorier i hvert område takseres årlig ved at alle kjente hekkeplasser innenfor et nærmere definert område oppsøkes, og ev. antall produserte unger blir registrert.



**Figur 31.** Lokalteter på fastlandet som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV).

**Figure 31.** Sites on the Norwegian mainland where monitoring of natural terrestrial ecosystems is conducted.

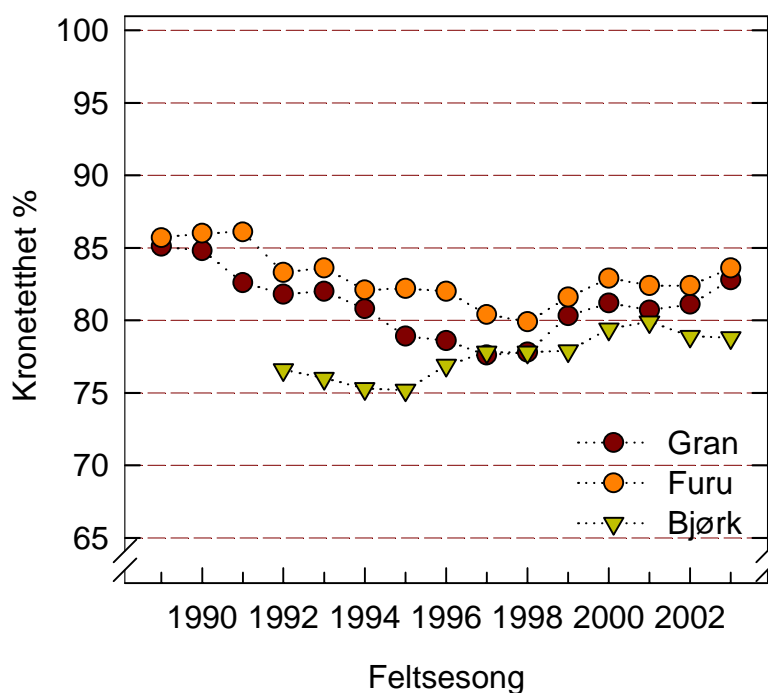
## 4.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2003 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er lite endret fra foregående år (2002).

### Kronevurderinger på landsomfattende flatenett

I 2003 ble 5910 bartrær og 1780 bjørketrær overvåket i den landsrepresentative overvåkingen. Disse trærne var fordelt på 1536 flater i hele landets skogareal. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2003 var for gran 82,8%, furu 83,6% og for bjørk 78,8% (**Figur 32**). For gran og furu representerte dette en økning på henholdsvis 1,7%- og 1,2%-poeng. For bjørk var kronetettheten lik året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu. Siste 5 års registrering viser en økning av kronetettheten. Kronetettheten for bjørk har hatt en positiv utvikling siden 1994.

Eldre trær har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Andelen trær med fulltette kroner var for gran 48,5%, furu 33,6% og for bjørk 28,0% som alle representerer en økning sammenlignet resultatene for 2002. Vitalitetsregistreringer utført av skogoppsynet i 2003 viste en nedgang i kronetettheten i Sørøst-Norge (-1,5%). Andre landsdeler hadde en økning (ca 1%), og denne var størst i Trøndelag. Ser vi på kronefarge og mortalitet ble landsgjennomsnittet dårligere enn året før, da både andelen grønne trær sank (med 2%) og mortalitet økte (fra 0,23% til 0,34%).

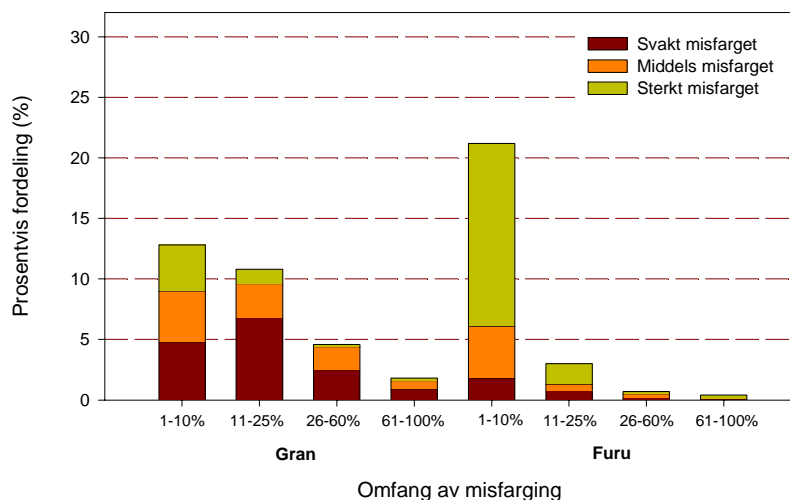


**Figur 32.** Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

**Figure 32.** Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.

Andelen grantrær med frisk grønn kronefarge var 70,1% i 2003 som er på samme nivå som året før (**Figur 33**). Vi må tilbake til 1995 for å finne større andel trær med frisk grønnfarge. Det er hovedsakelig eldre trær som er misfarget. Furu er også blitt grønnere enn året før. Det er en økning på 6,9%-poeng til 74,8%. Flere bjørketrær hadde frisk grønn farge sammenlignet med 2002. På 36,6% av trærne ble det registrert lauvspisende insekter. Det er ikke registrert så store angrep på lauvet siden registreringene av slike skader startet i 1997.

Generelt sett ble det ikke registrert unormal skogdød i 2003. På landsbasis var dødeligheten for alle treslag 0,2% siste år. Yngre furu hadde en dødelighet på 0,6%. En mulig forklaring kan være angrepene av furuas knopp- og greintørkesopp i 2001.



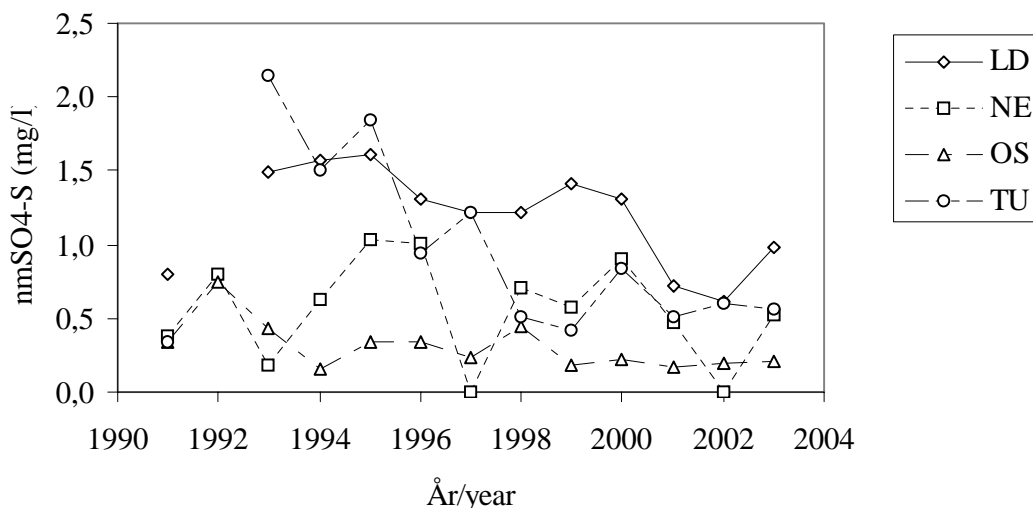
**Figur 33.** Kronemisfarging for gran og furu, landsrepresentative flater. Prosentfordeling på grad og omfang av misfarging.

**Figure 33.** Percentage of Norway spruce and Scots pine in discoloration classes for the national representative plots.

### Skogøkologiske undersøkelser på intensive overvåkingsflater (ICP Forests Level II).

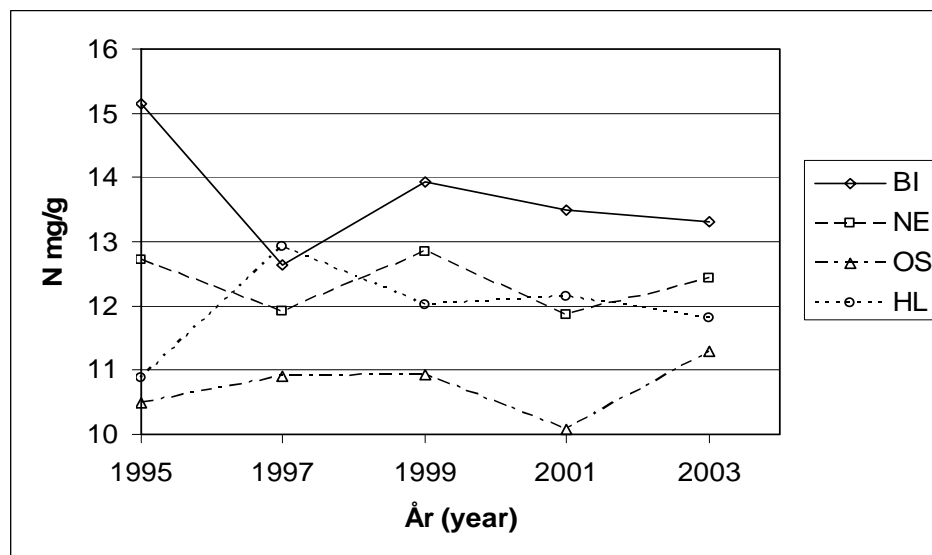
Generelt har trærnes vitalitet (kronetetthet, kronefarge, og skader) vært relativt stabil de siste årene. På de intensive flatene ble det fra 2002 til 2003 likevel observert en svak nedgang i kronetetthet fra 87 til 86%, og en redusert andel grønne trær fra 97 til 92% (kronefarge). Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslipp og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett de siste årene kan derfor tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre atmosfærisk tilførsel, spesielt av sulfat (**Figur 34**). Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deponisjon enn feltene i nord. Ett unntak var Svanhøvd (som ligger nær den russiske industribyen Nikel) der ikke-marint nedfall av sulfat var relativt høyt (1,9 mg/L). Sulfatnedfallet har vært avtakende særlig sør i landet, og noenlunde konstant i nord siden 1990. pH i jordvann er lavere sør i landet enn i nord, men dette kan skyldes enten surere nedbør eller naturlig surere jordsmonn i Sør-Norge. Konsentrasjoner av nitrat i jordvann er generelt lave, ofte nær deteksjonsgrensen. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumgiftighet synes generelt å være lav. I 2003 ble

det også tatt nåleprøver for kjemisk analyse, og også her var det lite endringer fra tidligere år (**Figur 35**). Gjennomsnittet av makronæringsstoffene Ca, Mg, K, N, P, og S var hhv. 3, 1, 6, 11, 1, og 1 mg pr gram tørrstoff i nålene. De fleste konsentrasjonene var over eller rundt grenseverdien for næringsmangel. Konsentrasjonen av nitrogen i nålene var derimot under grensen for næringsmangel på flatene, men dette er imidlertid normalt i boreale barskoger.



**Figur 34.** Langtidstrender i ikke-marint SO<sub>4</sub>-S jordvann fra 15 cm-sjiktet på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

**Figure 34.** Long-term trends in non-marine SO<sub>4</sub>-S in soil water from 15 cm depth at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.



**Figur 35.** Endringer i N-konsentrasjon (mg/g tørrstoff) i Birkenes, Nedstrand, Osen og Høylandet 1995-2003.

**Figure 35.** Changes in concentrations of N (mg/g dry weight) at Birkenes, Nedstrand, Osen and Høylandet 1995-2003.

## 4.2 Effekter på markvegetasjon

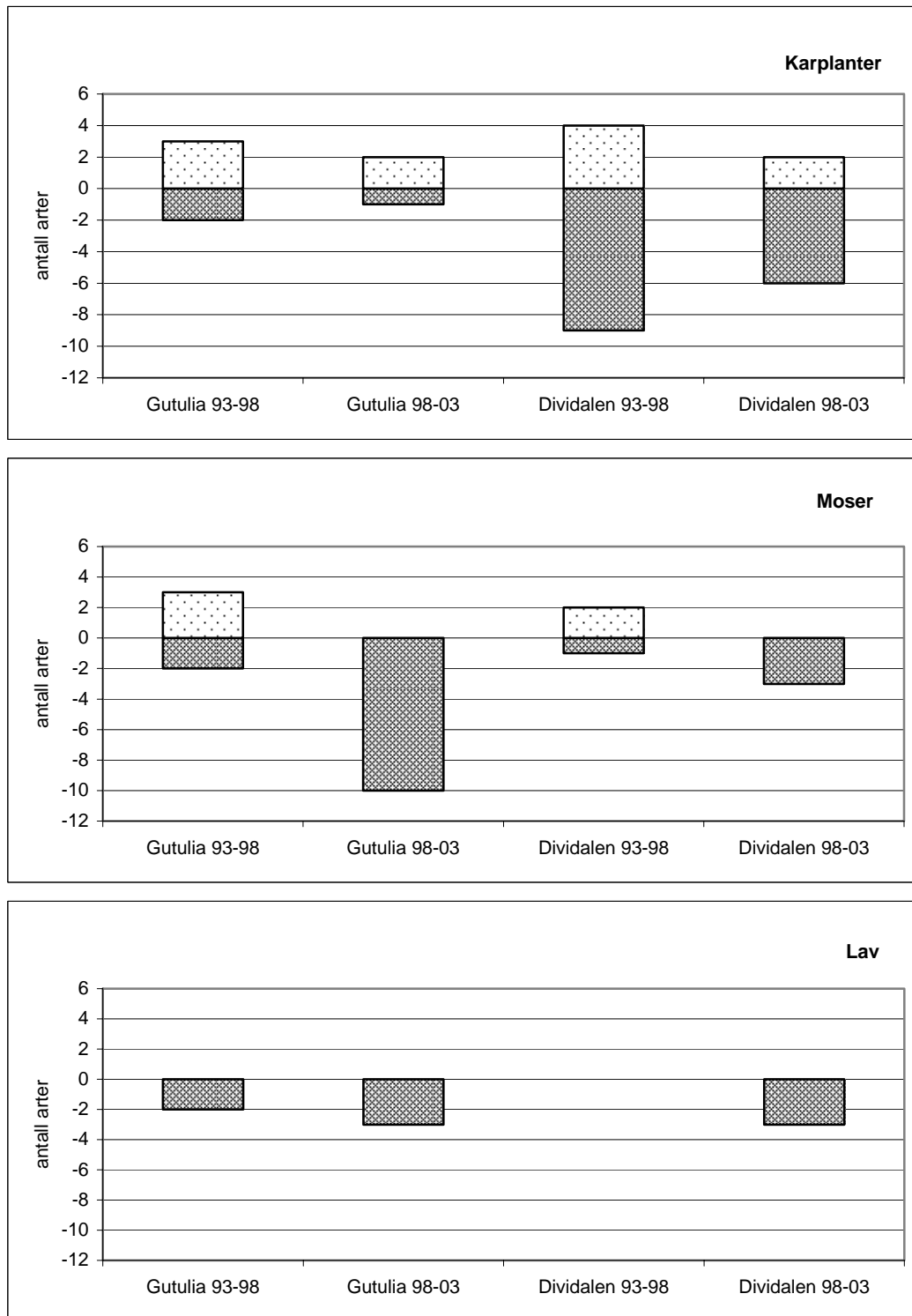
*Undersøkelsene av markvegetasjonen i bjørkeskog i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen viser ingen signifikante endringer som kan knyttes til forurensning i disse områdene, men resultatene reflekterer mulige effekter av beiting. Analyser av markvegetasjonen i Solhomfjell-området for fjerde gang i 2003 viser noen nye mønstre i forhold til tidligere undersøkelser. Endringene for karplanter i rikere granskog er ikke lenger like tydelig knyttet til mulige effekter av langsiktig forsuring og næringsutvasking. I siste 5-årsperiode har særlig store moser vist positiv utvikling, og effekter av en ev. gunstig klimautvikling for moser må derfor knyttes til bestandsdynamikk og konkurranseforhold mellom artene. Samtidig kan tilbakegang for enkelte lavarter og framgang for smyle og etablering av bringebær gi indikasjon på en mulig effekt av langvarig nitrogen-nedfall.*

### Vegetasjon i bjørkeskog

Ved utgangen av 2002 var markvegetasjonen i alle 6 overvåkingsområdene i bjørkeskog reanalysert etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. Resultatene fra disse reanalysene er presentert i tidligere sammendragsrapporter. I 2003 er to av områdene, Gutulia og Dividalen, analysert for tredje gang (1993, 1998, 2003), og resultater fra disse analysene presenteres her. Overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen ligger i de områdene av Norge med minst påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene fra Gutulia i 2003 ble 93 arter registrert: 46 karplanter, 17 bladmoser, 2 torvmoser, 11 levermoser og 17 lav. Totalt antall registrerte arter har økt noe i perioden, fra 87 i 1993 og 90 i 1998. Det er i hovedsak antall karplanter som har økt, fra 42 i 1993 og 44 i 1998, mens antall registrerte arter har vært nokså stabilt for øvrige grupper. I perioden 1998-2003 ble det funnet signifikant reduksjon i mengde (målt som frekvens) hos én karplanteart (tyttebær *Vaccinium vitis-idaea*), mens to arter (skogstjerne *Trientalis europaea* og myskegras *Milium effusum*), med tilbakegang i perioden 1993-98, viste framgang. Mens omtrent like mange mosearter viste framgang og tilbakegang i perioden 1993-98, var 2003 preget av sterk tilbakegang for mange arter (jf. **Figur 36**). Også flere arter av lav viste tydelig tilbakegang. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste ingen signifikante endringer fra 1993 til 1998, men fra 1998 til 2003 hadde analyserutene utviklet en artssammensetning som indikerer mer næringsfattige forhold.

I de 50 reanalyserte rutene fra Dividalen i 2003 ble 136 arter registrert: 81 karplanter, 19 bladmoser, 1 torvmose, 15 levermoser og 15 lav. Totalt antall registrerte arter har økt noe fra de i alt 131 artene som ble registrert i 1998, men ligger fremdeles under de i alt 144 artene som ble registrert i 1993. Det er registrert noen flere arter av karplanter i siste periode, mens antall mosearter og lavarter fremdeles er lavere enn i 1993, og flere arter av karplanter, moser og lav ikke er gjenfunnet siden 1993. I perioden 1998-2003 ble det funnet signifikant reduksjon i mengde (målt som frekvens) hos seks karplantearter, sterkest for blåbær (*Vaccinium myrtillus*) og gulaks (*Anthoxanthum odoratum*), mens kun to arter viste framgang, særlig sterk for tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*) (jf. **Figur 36**). Ingen moser eller lav viste framgang i perioden 1998-2003, mens tre arter fra hver gruppe viste tilbakegang.



**Figur 36.** Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen med signifikant framgang eller tilbakegang mellom analyseårene 1993, 1998 og 2003. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

**Figure 36.** Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increases or decreases in frequency between the census years 1993, 1998 and 2003 at the monitoring sites Gutulia and Dividalen. Seedlings of trees and other plants with low persistence between years are not included.



Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste ingen signifikante endringer fra 1993 til 1998, men fra 1998 til 2003 hadde analyserutene utviklet en artssammensetning mer karakteristisk for næringsfattige (akse 1) og høytliggende (akse 2) forhold.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen, kan ikke knyttes til ev. påvirkning av forurensning. Snarere kan endringene, særlig for karplanter og lav, og observasjoner av skade på vegetasjonen tyde på hardt beite fra rein. Den kraftige tilbakegangen for mosene kan også være en indikasjon på mindre gunstige klimaforhold for denne gruppen i en periode før siste analyse.

### Vegetasjon i barskog

Overvåkingsområdet i Solhomfjell ligger i barskog i den delen av landet som er utsatt for langtransportert forurensning. I 2003 ble markvegetasjonen i dette området analysert for fjerde gang, noe som gir mulighet for å se på mer langsiktige endringsmønstre. Dette området inngår også i et sett med vegetasjonsøkologiske overvåkingsområder i regi av NIJOS, noe som gjør det mulig å se resultatene fra Solhomfjell i større geografisk sammenheng. I Solhomfjell analyseres 61 flater i granskog og 39 i furuskog, og resultatene rapporteres her i forhold til disse skogtypene.

I 2003 ble det funnet i alt 126 arter i de 61 rutene med granskog, fordelt på 56 arter av karplanter, 67 av moser og 3 av lav (**Tabell 3**). Dette er omtrent samme artsantall som i tidligere år, men det har vært en viss utskifting av artsinventaret, og i løpet av perioden er i alt 141 arter funnet i granskogflatene. På de 39 flatene i furuskog ble det i 2003 funnet i alt 64 arter, herav 14 arter av karplanter, 36 av moser og 14 av lav. Dette er en viss nedgang fra tidligere år, og i alt er 79 arter observert i furuskogflatene.

**Tabell 3.** Totalt antall arter observert i de 61 1,0 m<sup>2</sup> flatene i granskog og i de 39 flatene i furuskog i Solhomfjell-området i hvert av undersøkelsesårene 1988, 1993, 1998 og 2003, samt totalt for alle årene.

**Table 3.** Total number of species observed in the 61 1,0 m<sup>2</sup> plots in spruce forest and the 39 plots in pine forest in the Solhomfjell area in each year of investigation (1988, 1993, 1998, 2003) and in total.

Artsgruppe	Antall arter				
	1988	1993	1998	2003	Totalt
<b>Granskog</b>					
Karplanter	56	55	53	56	59
Bladmoser	34	36	38	35	42
Torvmoser	4	4	4	5	5
Levermoser	26	30	29	27	32
Lav	3	3	3	3	3
Totalt	123	128	127	126	141
<b>Furuskog</b>					
Karplanter	18	14	13	14	18
Bladmoser	21	21	22	21	23
Torvmoser	4	4	4	4	4
Levermoser	13	12	14	11	16
Lav	15	18	15	14	18
Totalt	71	69	68	64	79

I granskog viste bare graset skogørkvein (*Calamagrostis purpurea*) signifikant tilbakegang i mengde (frekvens i småruter) fra 1998 til 2003 blant karplantene (når trær og ettårige planter med lav persistens er unntatt), mens tre arter, hvitveis (*Anemone nemorosa*) gjøkesyre (*Oxalis acetosella*) og skogstjerne (*Trientalis europaea*) viste framgang i mengde. I tillegg har en vanlig art som smyle (*Deschampsia flexuosa*) vist sterk framgang målt som prosent dekning (uten at dette er signifikant ved måling som frekvens i småruter). Dette står i sterk kontrast til de tidligere periodene da flere arter av karplanter har vist tilbakegang i mengde (**Figur 37**). For kryptogamer viste fem mosearter signifikant tilbakegang, mens hele ni mosearter økte i mengde. For hele 15-årsperioden (1988-2003) viste hele 15 mosearter signifikant framgang. I først 5-årsperiode (1988-93) viste mange mosearter generell framgang, men i siste periode (1998-2003) var moseartene med framgang vesentlig større enn gjennomsnittet.

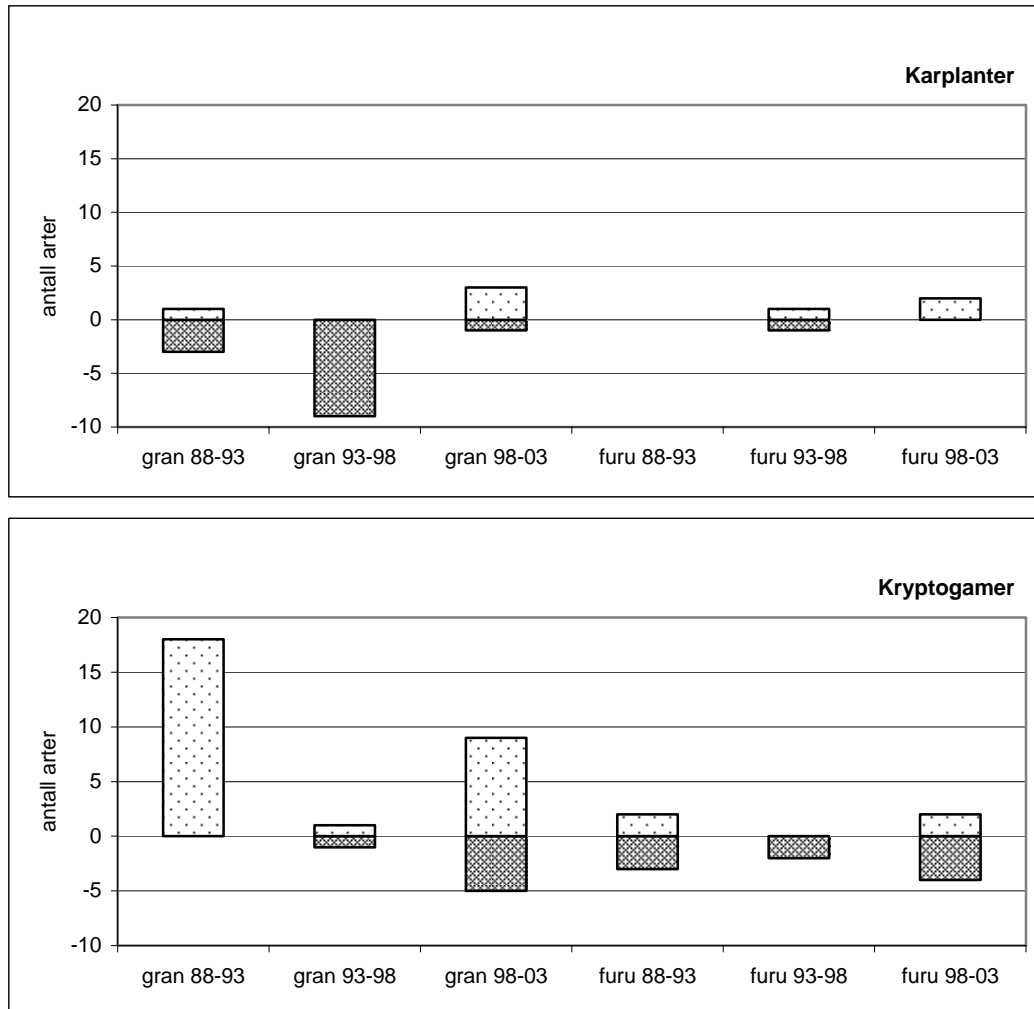
I furuskog viste ingen karplanter signifikant tilbakegang i mengde, men to arter, krekling (*Empetrum nigrum*) og blåbær (*Vaccinium myrtillus*) økte i mengde (**Figur 37**). Det har generelt vært få arter av karplanter med signifikant endring i mengde i furuskog i observasjonsperioden. To mosearter og to lavarter viste signifikant tilbakegang, mens én moseart og én lavart viste framgang. I løpet av hele 15-årsperioden (1988-2003) viste hele sju arter av kryptogamer signifikant tilbakegang i furuskog, mens ingen økte signifikant.

En analyse av artssammensetningen i de i alt 100 prøveflatene som er analysert alle fire årene (1988, 1993, 1998, 2003) ved hjelp av DCA-ordinasjon, viser at de fleste prøveflatene har hatt en forholdsvis liten forflytning langs ordinasjonsaksene. Den signifikante forflytningen av prøveflater i rikere granskog i retning mot en artssammensetning karakteristisk for fattigere vegetasjon som ble observert i de to første 5-årsperiodene, ble dels reversert i siste 5-årsperiode. Også flater i fattig granskog og i furuskog viste en tilsvarende tendens i forflytning mot noe rikere vegetasjon i siste periode. Dette understreker bildet av at utviklingsmønstrer gjennom tiårsperioden 1988-98 nå har stoppet opp og til dels er reversert.

De årlige populasjonsbiologiske undersøkelsene av etasjemose (*Hylocomium splendens*) ble videreført i Solhomfjell-området samt i seks overvåkingsområder i granskog som inngår i NIJOS sin vegetasjonsøkologiske overvåking. Økningen i populasjonsindeksen (som er uttrykk for skuddtettheten) for etasjemose i Solhomfjell-området (lik som ellers i Sør-Norge) siden 1996, fortsatte fra 2002 til 2003. I siste 5-årsperiode har etasjemosepopulasjonen i Solhomfjell-området økt med 53 %. Dekningsgraden for etasjemose har imidlertid gått noe ned de siste par årene fordi enkeltskuddene har blitt noe mindre.

Overvåkingen av markvegetasjonen i Solhomfjell-området gjennom 15 år viser at det er betydelig dynamikk i det boreale barskogøkosystemet. I de to første 5-årsperiodene syntest de observerte endringene å være nokså entydige responser på to hovedårsaker: (1) en langsiktig jordforsuring og næringsutvasking som forårsaket endringer i vegetasjonen i rikere granskog med bl.a. er reduksjon i mengde av en del karplanter, og (2) en klimavariasjon som skapte særlig gunstige vekstforhold for moser. Etter analysene i 2003 må imidlertid dette inntrykket nyanseres. Noen karplanter i rikere granskog fortsetter tilbakegangen, mens andre (f.eks. gjøkesyre) går fram etter mange år med tilbakegang, noe som ikke styrker hypotesen om at jordforsuring fortsatt er en vesentlig faktor for endringer i markvegetasjonen i granskog. Samtidig viser økningen for mosene at det hovedsakelig bare er de store artene som har fortsatt å øke i mengde, mens små arter nå har avtatt i mengde. Dette stemmer overens med en

hypotese om at de store moseartene svarer på et gunstig klima for mosevekst, mens små moser nå hindres ved at de overvokses av større moser. I tillegg viser både tilbakegang for enkelte lavarter og framgang for smyle og etablering av bringebær at langvarige tilførsler av nitrogen kan gi en mulig eutrofieringseffekt. Videreføring av vegetasjonsovervåkingen i Solhomfjell er nødvendig for å verifisere om disse tendensene fra 1998 til 2003 opprettholdes eller endres i årene framover.



**Figur 37.** Antall arter av karplanter og kryptogamer (moser, lav) i henholdsvis granskog og furuskog i overvåkingsområdet i Solhomfjell med signifikant framgang eller tilbakegang mellom analyseårene 1988, 1993, 1998 og 2003. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

**Figure 37.** Number of species of vascular plants (Karplanter) and cryptogamic species (bryophytes, lichens) (Kryptogamer) in spruce forest (gran) and pine forest (furu) at the monitoring site Solhomfjell, showing significant increases or decreases in frequency between the census years 1988, 1993, 1998 and 2003. Seedlings of trees and other plants with low persistence between years are not included.

### 4.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon

*Registreringer av epifytter på trestammer viser en klar sammenheng mellom forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid. Det er registrert framgang i antall brunskjegg, som er en gruppe forurensningsfølsomme lavarter. I overvåkingsområdet Lund i Rogaland er det registrert en klar framgang av epifyttisk algevekst.*

Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt arts mangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Totalt ble 94 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene ved første og andre runde med kartlegging. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2003 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen kartlagt for tredje gang, og dermed er epifyttvegetasjonen i samtlige TOV-områder undersøkt tre ganger.

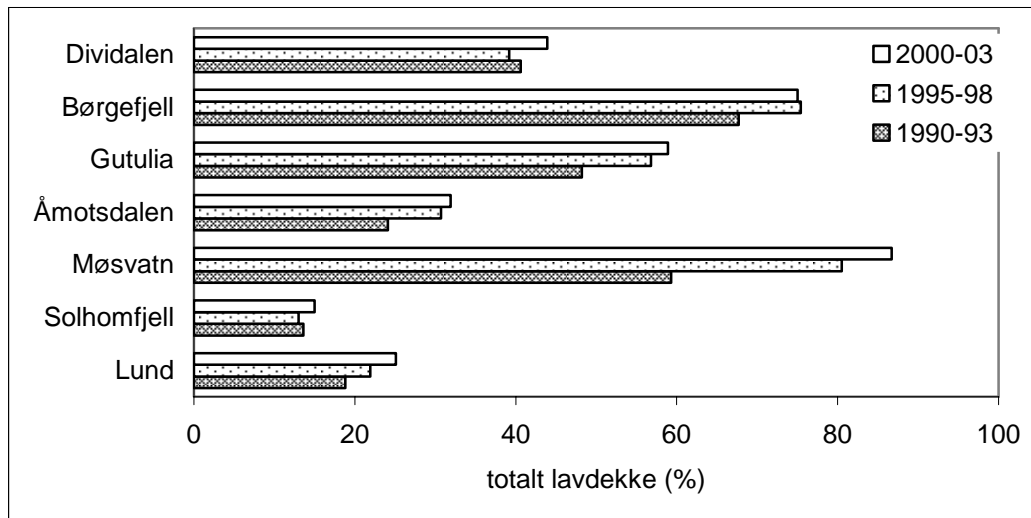
Til tross for at overvåkingsområdet Lund i Rogaland ligger nær kysten i et område som klimatisk er antatt gunstig for vekst av lav, er lavvegetasjonen på stammer av bjørk sparsom (**Figur 38**). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (**Figur 39**). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algepåvekst på undersøkelsestrærne; totalt 53 % av det kartlagte stammearealet hadde algevekst over lav og never i 2001. Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av store nedbørsmengder, spesielt høsten 2000.

Åmotsdalen og Dividalen representerer de mest typiske fjellbjørkeskogsamfunnene når det gjelder epifyttisk lav, med stor dominans av snømållav. Total lavdekning er relativt liten i disse områdene, trolig først og fremst av klimatiske årsaker. Vind og snø kan hindre lavens etablering og vekst både direkte og ved å forårsake større avflaking av never. Det er liten endring i lavdekningen i Åmotsdalen og Dividalen fra andre til tredje analyseår, men andelen skadd lav har gått noe opp i Dividalen (**Figur 38, Figur 39**).

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (**Figur 38**). Det frodige inntrykket i Gutulia og Møsvatn blir også understreket av de store forekomstene av brunskjegg (*Bryoria* spp.), arter som er følsomme for forurensninger. Lang skoglig kontinuitet og beskyttet habitat, samt innslag av furuskog, kan være med på å forklare de store forekomstene av brunskjegg og det store arts mangfoldet. Spesielt i Møsvatn-området har skadeomfanget gått betydelig ned (**Figur 39**), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra 1,8 % dekning i 1992 til 15,5 % dekning i 2002. Dette kan tolkes som en respons på nedgangen av svovel i luft og nedbør de siste 10-årene.

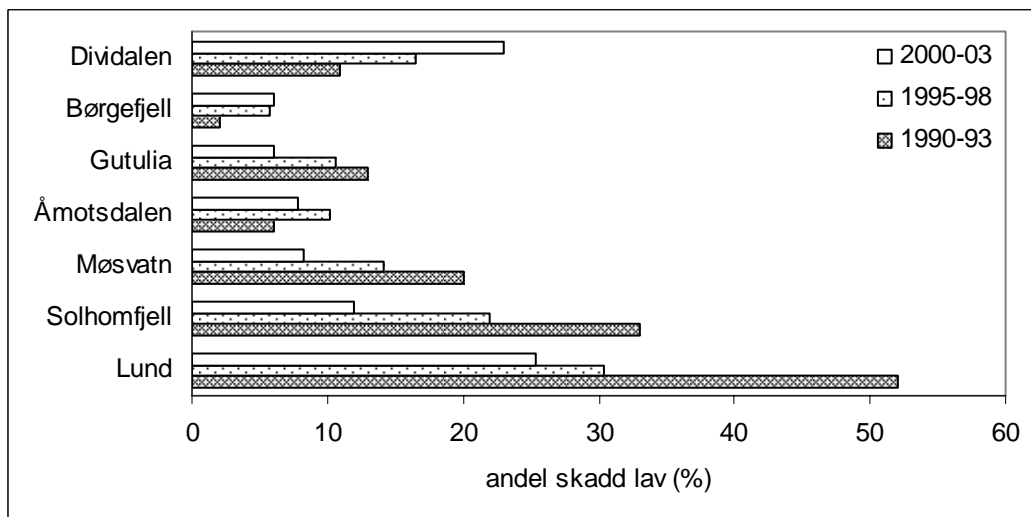
Det er registrert høyere lavdekning på trærne ved andre og tredje gangs kartlegging i de fleste TOV-områdene (unntatt for Solhomfjell der epifyttene undersøkes på furu). Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksesjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Mindre svovelinhold og mer nitrogen kan virke positivt på epifyttvegetasjonen. Slik sett reflekterer

gjentatte lavregistreringer en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid.



**Figur 38.** Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal.

**Figure 38.** Cover of epiphytic lichens on sample trees in the monitoring areas for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area.



**Figur 39.** Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03), angitt som prosent av total registrert lavdekning.

**Figure 39.** Proportion of damaged lichens on sample trees in the monitoring areas for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03), given as per cent of total censused lichen cover.

## 4.4 Effekter på fauna

*Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) viser generelt god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge, selv om produksjonen i Solhomfjell har vært svak siden 1998. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i disse områdene enn i nord, og det er ingen tegn til forurensningseffekter på reproduksjonen hos svarthvit fluesnapper.*

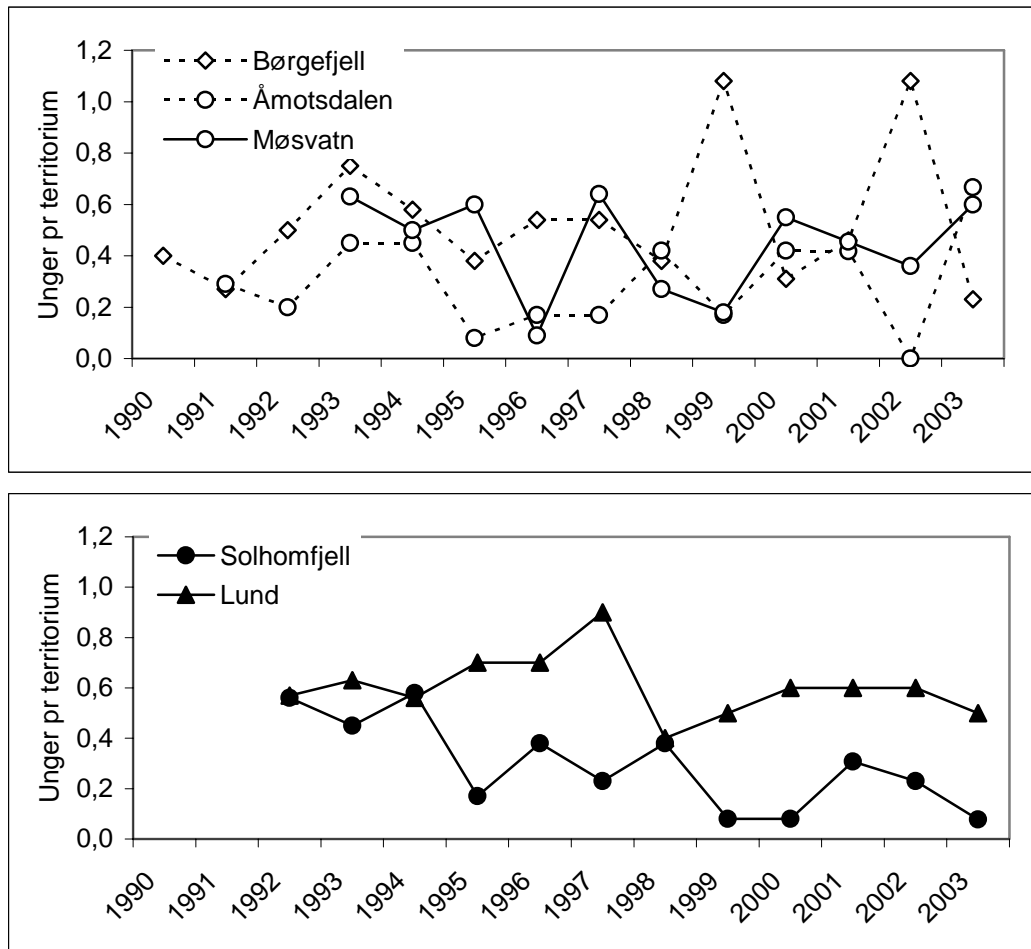
### Rovfugl

Reproduksjonssuksess hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryer for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene viser betydelig variasjon fra år til år i reproduksjonssuksessen til kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2003 har vist ungeproduksjon innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastete overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (**Figur 40**). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell har ligget lavt de siste årene, er det i lengre perspektiv ingen indikasjoner på at dette skyldes dagens forurensningsbelastninger. Overraskende lav produksjon enkelte år både i Åmotsdalen og Solhomfjell tilsier imidlertid et behov for nærmere vurdering av mulige årsaker til dette.

### Spurvefugler

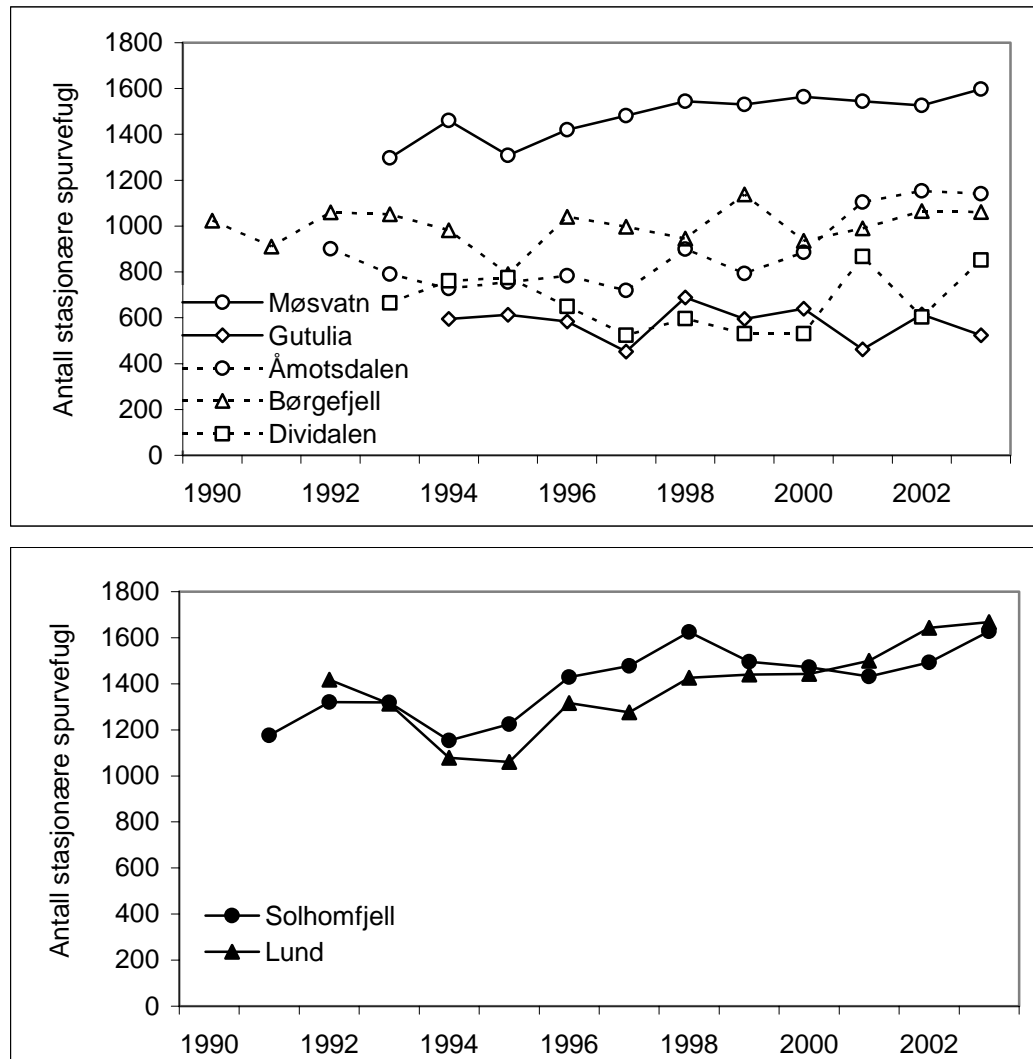
Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2003-sesongen finnes tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 10 år i de ulike områdene, noe som gir grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvefuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor bestandsvariasjon mellom år og områder og har en invasjonspregede forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvefugl enn de nordlige (**Figur 41**). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Bestandsendringene til slike mer stasjonære arter over tid tyder ikke på at det er vesentlige forskjeller mellom sørlige og nordlige områder. Det er altså ikke noe som tyder på at høyere forurensningsbelastning i sørlige områder har påviselige effekter på bestandsnivåer av spurvefugl i boreal skog for perioden 1990-2003.

### Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn



**Figur 40.** Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2003.  
**Figure 40.** Production of young per investigated territory of golden eagles in the monitoring sites 1990-2003.

### Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler



**Figur 41.** Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2003.

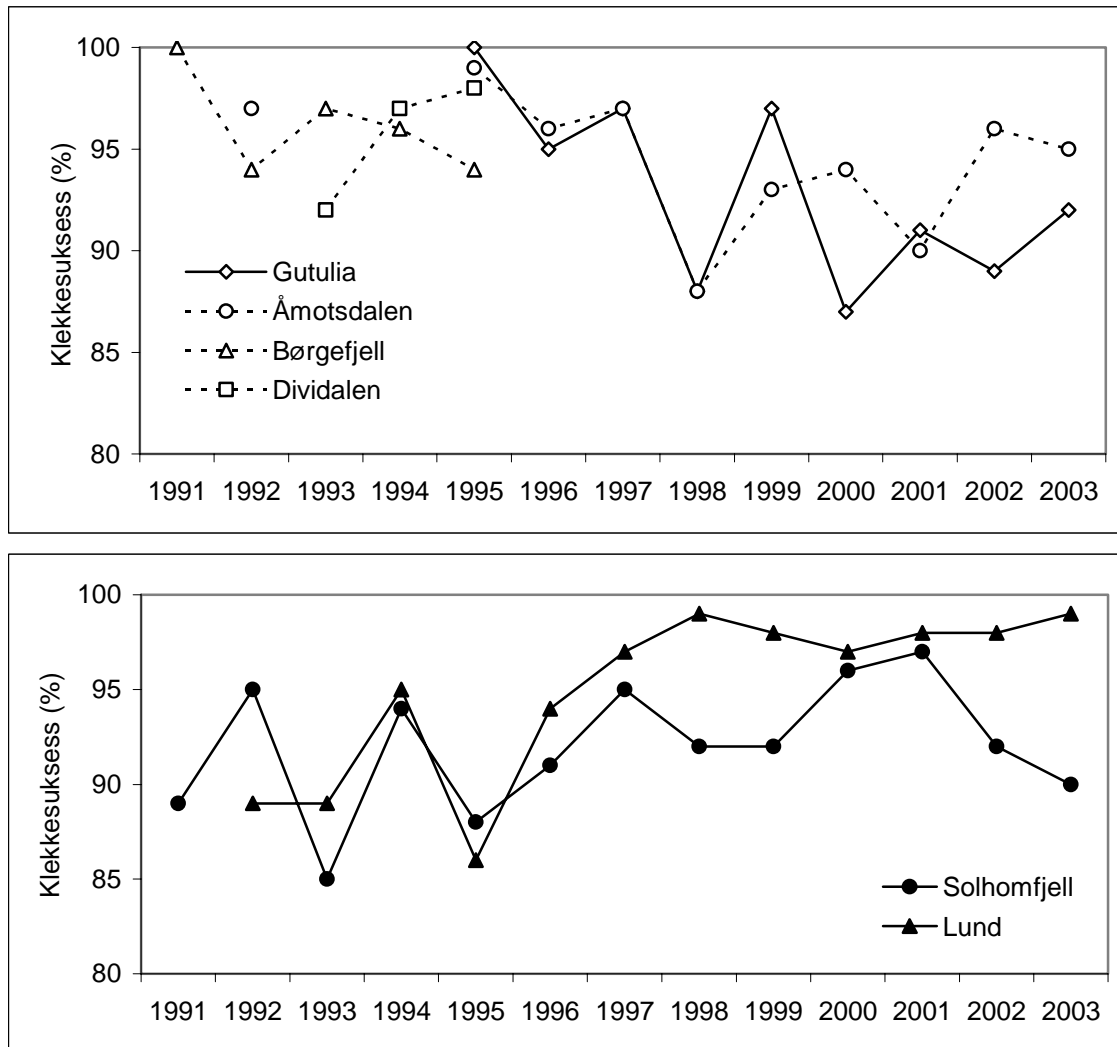
**Figure 41.** Changes in the populations of regular, territorial passerine birds in the monitoring areas 1990-2003.

For reproduksjonsovervåkingen for svarthvit fluesnapper finnes det nå dataserier for flere år fra både sørlige (mye belastede) og nordlige (lite belastede) overvåkingsområder.

Klekkesuksessen, målt ved andel klekte egg i forhold til lagte egg, viser noe variasjon fra år til år i de fleste områdene (**Figur 42**). I den første delen av overvåkingsperioden (1991-96) kan det se ut til at de sørlige områdene Lund og Solhomfjell hadde lavere klekkesuksess enn de nordlige. Siden 1997 har imidlertid klekkesuksessen ligget vel så høyt i sørlige som i nordlige områder. Reduksjonen i klekkesuksess i Solhomfjell de siste to årene er ikke vesentlig annerledes enn den vi ser for Gutulia. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 92%) for alle år og områder.



### Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper



**Figur 42.** Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2003, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke er helt ødelagt.

**Figure 42.** Hatching success of pied flycatchers in the monitoring areas 1991-2003, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches which have not been entirely destroyed.

## 5. Referanser til rapporter

### **Luft og nedbør:**

EMEP (2003). Emission data reported to UNECE/EMEP. V. Vestereng. Oslo (EMEP/MSCW Note 1/2003).

SFT, 2004. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2003. Aas, W., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. og Yttri, K.E. SFT-rapport 803/2004 NILU OR 47/2004.

### **Vannkjemi og vannbiologi:**

SFT, 2004. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2003. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport xxx/04 Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. Ferdigstilles ca 15 oktober 2004.

### **OPS**

Andreassen, K., Clarke, N., Timmermann, V. og Aas, W. 2003. Intensiv skogovervåking i 2002. Resultater fra ICP Forest Level 2 flater i Norge. Aktuelt fra skogforskningen 7/03. 17 s.

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. og Aas, W. 2004. Intensiv skogovervåking i 2003. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Aktuelt fra skogforskningen. (in prep.)

Hylen, G. & Larsson, J. Y. 2003. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2002. NIJOS rapport 1/2003:1-65

Hylen, G. & Larsson, J. Y. 2004. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2003. NIJOS rapport 1/2004:1-66

Timmermann, V. 2003. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2003. Rapport fra skogforskningen 3/03:1-20.

Solberg, S. 2002. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2002. Rapport fra skogforskningen 5/02:1-18.

### **TOV**

DN, 1997. Natur i endring. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-1995. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 160 ss.

Framstad, E. (red.) 2004. Terrestrisk naturovervåking. Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2003. NINA Oppdragsmelding (under arbeid)

Framstad, E, Bakkestuen, V., Bruteig, I.E., Kålås, J.A., Nygård, T. og Økland, R.H. 2003. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking 1990-2002. NINA Temahefte 24: 1-30.

### **Referer til denne rapporten som:**

SFT, 2004. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2003 - Sammendragsrapport. SFT-rapport 904/2004, TA-2034/2004.



Statens forurensningstilsyn (SFT)  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: postmottak@sft.no  
Internett: www.sft.no

Utførende institusjoner NILU, NIVA, NINA, UiB, Skogforsk	Kontaktperson SFT Tor Johannessen	ISBN-nummer 82-577-4534-0
---	--------------------------------------	------------------------------

Statlig program forforurensningsovervåking Rapport 904/2004	Avdeling i SFT	TA-nummer 2034/2004
--	----------------	------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Brit Lisa Skjelkvåle Monsen	År 2004	Sidetall 81	SFTs kontraktnummer 6004057
---	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 4851-2004	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruksdepartementet (LD)
--	---

Forfatter(e) Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI, UiB), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Dan Aamlid (Skogforsk), Erik Framstad (NINA), Gro Hysten (NIJOS), Gunnar Halvorsen (NINA), Gunnar R. Raddum (LFI, UiB), Inga Elise Bruteig (NINA), John Atle Kålås (NINA), John Y. Larsson (NIJOS), Kjell Andreassen (Skogforsk), Liv Bente Skancke (NIVA), Nicholas Clarke (Skogforsk), Randi Saksgård (NINA), Rune Halvorsen Økland (UiO/NIJOS), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Tore Høgåsen (NIVA), Torunn Berg (NILU), Trygve Hesthagen (NINA), Vegar Bakkestuen (NINA), Wenche Aas (NILU), Øyvind Kaste (NIVA)
Tittel - norsk og engelsk Overvåking av langtransporterte forurensninger 2003 – Sammendragsrapport Monitoring long-range transboundary air pollution. Summary report.
Sammendrag – summary Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2003 fra tre overvåkingsprogrammer: “Overvåking av langtransportert forurensset luft og nedbør”, ”Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og “Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). The report presents results for 2003 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution

Emneord Overvåking Luftforurensning Akvatisk miljø Terrestrisk miljø	Subject words Monitoring Air pollution Aquatic environment Terrestrial environment
--	--